

Aus der Klinik für Anaesthesiologie und Intensivtherapie  
der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. Thomas Hachenberg

**Die ultraschallgestützte interskalenäre Blockade des Plexus  
brachiales für operative Interventionen an der Schulter. Ein  
prospektiver randomisierter Vergleich von erfahrenen Anwendern  
der Nervenstimulation mit ungeübten Anwendern der  
ultraschallgestützten Punktion.**

**D i s s e r t a t i o n**

**zur Erlangung des Doktorgrades**

**Dr. med.  
(doctor medicinae)**

an der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von

Stephan Ebers

aus

Lutherstadt-Wittenberg

Magdeburg, den 14. 01. 2013

*Für Melanie und Theodor.*

---

## Dokumentationsblatt

Ebers, Stephan:

**Die ultraschallgestützte interskalenäre Blockade des Plexus brachiales für operative Interventionen an der Schulter. Ein prospektiver randomisierter Vergleich von erfahrenen Anwendern der Nervenstimulation mit ungeübten Anwendern der ultraschallgestützten Punktion.**

Klinik für Anaesthesiologie und Intensivtherapie der medizinischen Fakultät an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2013.

87 Bl., 17Tab., 17 Abb.

In dieser Arbeit werden zwei Methoden zur interskalenären Blockade des Plexus brachiales für die elektive Schulterchirurgie miteinander verglichen.

Das Aufsuchen des Plexus erfolgte entweder durch elektrische Nervenstimulation oder ultraschallgestützt durch ungeübte Anwender ohne Supervision. Es wurden zwei Gruppen mit jeweils  $n = 30$  Patienten untersucht.

Verglichen wurden neben Lernkurven, Prozedurzeiten, Erfolgsraten, Ausbreitung der Blockaden, Patientenkomfort und Schmerzempfindung sowie Kreislaufverhalten und Komplikationsraten.

Es kommt im Verlauf zu einem deutlichen Anstieg der Lernkurve und einer signifikanten Zeitverkürzung. Auch in der Lernphase ist die ultraschallgestützte Regionalanästhesie ohne größeren Zeitverzug einsetzbar und führt zu vergleichbaren Blockadeerfolgen wie die nervenstimulationsgestützte Regionalanästhesie erfahrener Anwender.

---

## **Schlüsselwörter**

interskalenäre Plexusblockade, Nervenstimulation, Schulterchirurgie, Komplikationen, sonografiegestützte Regionalanaesthesie, Prozedurzeit, Lernkurve, postoperative Schmerztherapie, Patientenzufriedenheit, Ultraschall

## **Key words**

interscalene brachial plexus block (ISBPB), peripheral nerve stimulator (PNS), orthopaedic surgery, complications, ultrasound guided nerve block, procedural time, learning curve, postoperative pain treatment, patient satisfaction, ultrasonography

---

## Inhaltsverzeichnis

Dokumentationsblatt	I
Schlüsselwörter	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	VI
<b>1 Einleitung und Fragestellung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Blockade des Plexus brachiales mittels elektrischer Nervenstimulation .....	2
1.2 Ultraschallgestützte Punktion des Plexus brachiales .....	3
1.3 Komplikationen interskalenärer Blockaden .....	3
1.4 Fragestellung .....	4
<b>2 Materialien und Methoden.....</b>	<b>6</b>
2.1 Patientenauswahl .....	6
2.2 Ein- und Ausschlusskriterien .....	6
2.2.1 Einschlusskriterien.....	6
2.2.2 Ausschlusskriterien.....	6
2.3 Datenerhebung.....	7
2.4 Auswahl der Untersucher.....	7
2.5 Technik/ Geräte.....	7
2.6 Studienablauf .....	8
2.6.1 Präoperative Vorbereitung.....	8
2.6.2 ISB Anlage mittels elektrischer Nervenstimulation.....	9
2.6.3 Ultraschallgestützte Punktion .....	13
2.6.4 Intraoperativer Studienablauf .....	18
2.6.5 Postoperativer Verlauf .....	18
2.7 Messzeitpunkte und Parameter zur Blockadequalität.....	19
2.7.1 Schmerzstärke und subjektives Wohlbefinden .....	20
2.7.2 Die Testung der Motorik .....	20
2.7.3 Testung der Sensibilität .....	22
2.7.4 Testung der sympathischen Blockade .....	22
2.7.5 Lernkurve der Untersucher .....	22
2.8 Statistische Auswertung.....	23

---

<b>3</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>24</b>
3.1	Patientendaten.....	24
3.2	Art und Dauer der Operationen .....	26
3.3	Lernkurven bei ultraschallgestützter Punktion .....	27
3.4	Prozedurzeiten und Erfolgsrate im Vergleich beider Gruppen .....	29
3.5	Anschlagzeit und Ausbreitung.....	30
3.6	Elektrostimulation und Stromstärken .....	33
3.7	Intraoperativer Opiatverbrauch .....	34
3.8	Schmerzempfinden und Patientenkomfort.....	34
3.9	Blockadedauer.....	36
3.10	Analgetikabedarf .....	37
3.11	Hämodynamik .....	38
3.12	Komplikationen .....	38
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>39</b>
4.1	Lernkurve, Prozedurzeiten und Blockadequalität.....	40
4.2	Elektrische Stimulation und motorische Antwort.....	41
4.3	Blockadequalität und Erfolgsrate .....	42
4.4	Nervenblockade vor Einleitung der Allgemeinanästhesie .....	43
4.5	Komplikationen .....	43
4.6	Schmerzintensität und Patientenzufriedenheit .....	46
4.7	Methodenkritik.....	47
4.7.1	Auswahl der Untersucher.....	47
4.7.2	Technik, Geräte und Lokalanästhetika .....	47
4.7.3	Kombination von ultraschallgestützter Punktion mit elektrischer Nervenstimulation .....	48
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerung und Ausblick .....</b>	<b>50</b>
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>51</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>52</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>62</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>63</b>
	<b>Danksagung .....</b>	<b>64</b>
	<b>Erklärung .....</b>	<b>65</b>
	<b>Interessenkonflikt.....</b>	<b>66</b>
	<b>Lebenslauf.....</b>	<b>67</b>

---

---

<b>Publikationen .....</b>	<b>69</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>70</b>
Flow Diagram.....	70
Patientenaufklärung.....	71
Einwilligungserklärungen .....	72
Checkliste für den Aufnahmetag.....	73
Checkliste für die Punktion und die Operation .....	74
Schmerzkalender für den Operationstag .....	76
Schmerztagebuch für den 1. Tag nach der OP .....	77

---

## Abkürzungsverzeichnis

ASA	American Society of Anaesthesiologists
ASK	Arthroskopie
ASAD	arthroskopische subakromiale Dekompression
BMI	Body Mass Index
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
DEGUM	Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin
EKG	Elektrokardiogramm
HF	Herzfrequenz
HFL	Hochfrequenz-Linearschallkopf
HLP	Hyperlipoproteinämie
IDDM	Insulin Dependent Diabetes Mellitus
IMC	Intermediate Care
ISB	interskalenärer Block
KHK	koronare Herzkrankheit
LWS	Lendenwirbelsäule
MH	maligne Hyperthermie
MIN	Mobilisation in Narkose
NIDDM	Non Insulin Dependent Diabetes Mellitus
NRS	Numerische Rating Skala
NS	Nervenstimulationsgruppe
paVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PONV	Postoperative Nausea and Vomiting (postoperative Übelkeit und Erbrechen)
RTM	Rotatorenmanschette
TEP	Totalendoprothese
TIVA	total intravenöse Anästhesie



---

US	Ultraschallgruppe
VAS	Visuelle Analog Skala
VHF	Vorhofflimmern
VRS	Verbale Rating Skala

## 1 Einleitung und Fragestellung

Die interskalenäre Blockade des Plexus brachiales wird als „single shot“- oder Katheterv Verfahren allein bzw. in Kombination mit einer Allgemeinanästhesie bei operativen Eingriffen im Bereich des Schultergelenkes eingesetzt. Sie garantiert nicht nur postoperative Schmerzfreiheit, sondern erlaubt auch operative Eingriffe unter vollständiger Analgesie. Ursache der postoperativen Schmerzen nach operativen Eingriffen an der Schulter sind, neben der Traumatisierung von Knochen und Weichteilen, auch Schwellungen des Gewebes mit einem daraus resultierenden Kompartmentsyndrom [1, 2, 3]. Kombiniert wird das Regionalanästhesieverfahren in der Regel mit einer Allgemeinanästhesie, die nicht nur den Patientenkomfort erhöht. Neben Sicherung der Atemwege durch Intubation, können kardio- und zerebroprotektive Eigenschaften der Anästhetika vorteilhaft, vor allem bei Patienten mit kardiovaskulären Begleiterkrankungen, genutzt werden [4, 5].

Seit des erstmals von Winnie 1970 [6, 7] beschriebenen anterioren interskalenären Zuganges zum Plexus brachialis und der von Meier erfolgten Modifizierung [8] zur Risikominimierung, wird der interskalenäre Block (ISB) in der Literatur als etablierte und unverzichtbare Technik der Wahl bei elektiven operativen Eingriffen an der Schulter beschrieben [9-11, 12, 13]. Darüber hinaus ist sie zentraler Bestandteil der postoperativen Schmerztherapie. Der postoperative Verbrauch von Opioiden konnte signifikant verringert werden [9, 12-20]. Weitere spezielle Vorteile sind die geringen Nebenwirkungen und Komplikationsraten [21, 22]. Die postoperative Erholung der Patienten im Aufwachraum wird positiv beeinflusst [23]. In einigen Studien konnte sogar gezeigt werden, dass durch den Einsatz des ISB eine kürzere Krankenhausverweildauer und eine frühere und effektivere Rehabilitation bzw. Physiotherapie möglich waren [4, 24, 25]. Weiterhin konnten Arbeitsabläufe optimiert und damit die Kosten effektiv gesenkt werden [26]. Von den Patienten wird der ISB gut akzeptiert und gegenüber einer postoperativen Schmerztherapie mit oraler Schmerzmedikation bevorzugt [23]. Akzeptiert und mit gutem Erfolg wurde der ISB bei Kindern und Jugendlichen durchgeführt [20, 21] und fand sogar Eingang in die präklinische Praxis [27]. Obwohl weiterhin nach unterschiedlichen Zugangswegen zum Plexus brachialis gesucht wird, stehen noch geeignete Studien aus, um den traditionellen Punktionsort zu ersetzen [28].

Schwierig, und nicht immer komplikationsarm, gestaltet sich bei der Punktion die reine Orientierung an der Oberflächenanatomie. Die „blinde“ Nadelführung kann zum zeitaufwendigen und frustrierenden Aufsuchen des Plexus führen [29]. Eine suffiziente Leitungsblockade setzt eine korrekte Lage der Punktionskanüle in der Gefäßnervenscheide voraus. Von Komplikationen, wie intravasale oder auch epidurale Fehlinjektionen wurde in der Literatur berichtet [30]. Bisher hat sich zur Vermeidung von Fehlpunktionen und Risikominimierung die elektrische Nervenstimulation als Verfahren der Wahl durchgesetzt [31, 32].

In den letzten Jahren etablierten sich zunehmend ultraschallgestützte Blockadetechniken, die durch direkte Darstellung anatomischer Strukturen, die Sicherheit des Verfahrens erhöhen und eine Verkürzung der Prozedurzeiten ermöglichen soll [33]. Bereits 2003 beschrieb Chan eine erfolgreiche ultraschallgestützte Blockade des Plexus brachiales nach vorangegangener erfolgloser Punktion mittels elektrischer Nervenstimulation. Dabei wurde eine "real-time"-Steuerung der Nadel bis zur Ausbreitung des Lokalanästhetikums beobachtet [34].

In den wenigen bisher veröffentlichten Untersuchungen zur ultraschallgestützten Nervenblockade des Plexus brachialis wurden stets erfahrene Anwender [35] oder Supervisoren eingesetzt. In aktuellen Studien konnte hier eine Überlegenheit der ultraschallgestützten Punktion hinsichtlich Erfolgsquoten und Anschlagszeit demonstriert werden [36].

Prospektive Untersuchungen und Vergleiche mit konventionellen Punktionstechniken sind selten und erlauben, bei niedrigen Patientenzahlen zurzeit nicht, die Überlegenheit der ultraschallgestützten Punktion zu beweisen [37].

### **1.1 Blockade des Plexus brachiales mittels elektrischer Nervenstimulation**

Bisher erfolgte eine Regionalanästhesie vorzugsweise mit Hilfe der Nervenstimulation, die als Standardverfahren eingesetzt wird um die Nähe zum Nerv zu detektieren. Hierbei werden üblicherweise Nadeln mit einem stumpfen Anschliff verwendet. Sie sind bis auf die Nadelspitze, isoliert und mit einem Nervenstimulator verbunden. Für die Stimulation gibt es drei regelbare Größen. Die Stromstärke, die

die Amplitude des Impulses darstellt, ist die erste Größe. Üblicherweise wird eine Einstellung zwischen 0,1 - 1 mA für die subkutane Stimulation und 1 - 5 mA für eine transdermale Stimulation verwendet. Die zweite Größe ist die Impulsbreite oder Impulsdauer, die in Millisekunden eingeteilt wird. Hier liegen die Einstellungen bei 0,1 - 1 ms. Die dritte Größe, die Impulsfrequenz, wird in Hertz gemessen und definiert sich als Wiederholungsrate der Stimuli mit einer Einstellung von 1 - 3 Hz. Zur Vermeidung von Nebenwirkungen erfolgt die Stimulierung schrittweise, beginnend mit einer niedrigen Stromstärke.

## **1.2 Ultraschallgestützte Punktion des Plexus brachiales**

Im Gegensatz zur reinen Nervenstimulationsmethode wird bei der ultraschallgestützten Punktion zunächst die lineare Ultraschallsonde auf die zu punktierende Halsseite aufgesetzt. Durch das Darstellen der Anatomie im Hals und die Bewegung der Sonde, erfolgt das Aufsuchen des Plexus. Sind die Nerven des Plexus identifiziert und mittig zentriert, sowie die umgebenden Gefäße visualisiert, wird mit der Punktion begonnen. Hierzu wird von ventral, zumeist in der Bildebene, eine Nadel transmuskulär zu den Nerven vorgeschoben. Nach Identifikation der Nadelspitze erfolgen unter Sicht Applikation und Verteilung des Lokalanästhetikums.

## **1.3 Komplikationen interskalenärer Blockaden**

Komplikationen und Nebenwirkungen können als Folge von Fehlpunktionen durch die anatomischen Gegebenheiten auftreten. Neben strukturellen Nervenschäden mit vorübergehenden, aber auch dauerhaften Nervenläsionen sind Horner-Syndrom, durch Blockade des Ganglion stellatum, und Phrenicusparesen eher als Nebenwirkungen einzuordnen. Häufigkeit und Dauer des Effektes sind dabei von Punktionsmethode, sowie Menge und Konzentration des injizierten Lokalanästhetikums abhängig [39]. Heiserkeit und vorübergehende Sprachstörungen wurden ebenfalls beobachtet [40]. Als weitere mögliche Komplikation kommt, wenn auch sehr selten, ein Pneumothorax in Frage. Zu den aufklärungspflichtigen Komplikationen zählen ebenfalls Infektionen und Hämatome an der Punktionsstelle.

Versehentliche intravasale Injektionen von Lokalanästhetika führen zu ausgeprägten kardiovaskulären und/oder zentralnervösen Reaktionen. Nach intravasaler Injektion treten Blutdruckabfälle und Herzrhythmusstörungen auf bis zu Herzkreislaufversagen und Asystolie. Unruhe, akustische und visuelle Störungen, Parästhesien, Geschmacksveränderungen sowie Krampfanfälle sind Zeichen einer zentralnervösen Reaktion. Intrathekale oder epidurale Injektion von Lokalanästhetika durch Fehlpunktion hat eine hohe Spinalanästhesie- oder Epiduralanästhesie mit entsprechenden kardiovaskulären Reaktionen zur Folge [41, 42].

Weiter können allergische Reaktionen auf Lokalanästhetika oder Intoxikationen auftreten.

In Kombination mit einer Allgemeinanästhesie wurde in der Literatur von plötzlichen intraoperativen hypotensiven und bradykarden Störungen berichtet [43]. Ursächlich wird hier die operationstechnisch bedingte Lagerung (Beach-Chair) verantwortlich gemacht.

## **1.4 Fragestellung**

Die ultraschallgestützte Punktion ermöglicht eine bessere Identifikation des Plexus brachialis und bietet sich als alternatives Verfahren zur bisherigen elektrischen Nervenstimulation an.

Die Anwendung in der Praxis erfordert eine spezielle Ausbildung und regelmäßige Übung, um diese neue Methode im klinischen Alltag zu etablieren.

Angeichts limitierter personeller Ressourcen kann eine solche Supervision und Ausbildung, nicht immer und überall, in gewünschter Intensität gewährleistet werden, so dass eine geringe Anzahl an Übungen oft ausreichen muss, um Erfahrung mit der ultraschallgestützten Punktion zu erwerben.

In der vorliegenden Arbeit sollte neben Erfolg, Komplikationsraten und Akzeptanz des Verfahrens im Vergleich zur Nervenstimulation detailliert untersucht werden, wie sich die Lernkurve bei Kollegen unterschiedlichen Ausbildungsstandes verhält.

Dabei wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- 1) Die Lernkurve ungeübter Anwender ist bei der ultraschallgestützten Punktion des Plexus brachialis ohne ständige Supervision niedrig.
- 2) Bei ungeübten Anwendern der ultraschallgestützten Punktion ist die Erfolgsrate niedriger im Vergleich zur bisherigen Nervenstimulationsmethode.
- 3) Die Kombination von ultraschallgestützter Punktion und elektrischer Nervenstimulation verlängert die Prozedurzeiten.
- 4) Durch ultraschallgestützte Punktion wird die Blockadequalität nicht beeinflusst.
- 5) Die ultraschallgestützte Punktion verringert die Komplikationsrate.
- 6) Die Patientenzufriedenheit ist bei beiden Methoden unverändert und wird gleichwertig akzeptiert.

## **2 Materialien und Methoden**

### **2.1 Patientenauswahl**

Nach Votum durch die Ethikkommission der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mit der Registratur Nummer 14/ 11 wurde die Untersuchung prospektiv, randomisiert und auswerterverblindet als single-center Studie gemäß den Regeln der International Conference on Harmonisation and Good Clinical Practice [44] sowie den Richtlinien der Deklaration von Helsinki [45] durchgeführt.

In die Studie wurden 60 Patienten eingeschlossen, die sich im Jahre 2011 in der Universitätsklinik für Orthopädie einem elektiven Eingriff an der Schulter unterzogen haben. Alle Patienten erhielten eine Regionalanästhesie des Plexus brachialis. Die Patienten wurden randomisiert zwei Gruppen zugeordnet. In der ersten Gruppe erfolgte die Punktion mittels elektrischer Nervenstimulation (NS-Gruppe) n = 30 Patienten und in der zweiten Gruppe wurde eine ultraschallgestützte Punktion durchgeführt (US-Gruppe) mit n = 30 Patienten.

### **2.2 Ein- und Ausschlusskriterien**

#### **2.2.1 Einschlusskriterien**

- elektive Schulteroperation
- Vorliegendes schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an der Studie
- Alter über 18 Jahre
- ASA I-III

#### **2.2.2 Ausschlusskriterien**

- Patienten mit Blutgerinnungsstörungen und Einnahme von Antikoagulanzen
- Allergie auf Lokalanästhetika
- Infektionen an der Punktionsstelle
- Kontralaterale Paresen des Nervus phrenicus oder Nervus recurrens
- Erkrankungen des zentralen Nervensystems
- Voroperationen der ipsilateralen Halsseite
- Patienten mit mangelndem Interesse an der Studie
- Fehlende Einwilligung

## **2.3 Datenerhebung**

Ausgewertet wurden neben Patienten- und Studienfragebögen (Case Report Form), das digitale Anästhesieprotokoll (NarkoData). Den korrekten Studienablauf sicherten perioperative Checklisten.

## **2.4 Auswahl der Untersucher**

Die Durchführung der elektrischen Nervenstimulation erfolgte durch mit dieser Technik erfahrene Anästhesisten, die 50-100 interskalenäre Blockaden mit dem Nervenstimulator durchgeführt hatten. Die ultraschallgestützte Punktion führten Anästhesisten aus, die eine zertifizierte Basisausbildung der DEGUM in ultraschallgestützten Punktionen besaßen aber in der Anwendung ungeübt waren.

Die an der Punktion und Anästhesie beteiligten Schwestern und Pfleger erhielten eine studienbezogene Einweisung in die Grundlagen der ultraschallgestützten Punktion und das Studienprotokoll. Checklisten im Operationssaal und auf den Stationen gewährleisteten eine korrekte Datenerhebung.

## **2.5 Technik/ Geräte**

Stoppuhr: mit einer Messgenauigkeit von 1/100 s (Sekunde)  
Fehlerabweichung.

Nervenstimulator: Stimuplex® HNS 12 der Firma B. Braun Melsungen AG  
(Aktiengesellschaft), Deutschland.

Sonogerät: S-Nerve™ der Firma SonoSite, Bothell, Washington.

Schallkopf: Lineartransducer HFL 38x, Eindringtiefe 6 cm (Zentimeter),  
Bandbreite 6-13 MHz (Megahertz) der Firma Sonosite,  
Bothell, Washington, USA.

Anästhesiegerät: Primus®, der Firma Drägerwerk AG & Co. KGaA, Deutschland.

Monitoring: Infinity® Delta Monitor der Firma Drägerwerk AG & Co. KGaA,  
Deutschland



Stimulationskanüle: isolierte Elektrostimulationskanüle Stimuplex R, mit einem 30 Grad Anschliff und den Dimensionen: 22 Gage x 2" (0,7 x 50 mm [Millimeter]), der Firma B. Braun Melsungen AG, Deutschland.

Punktionsset: Basis-Set "Safety" der Firma Vygon, Deutschland.

Schallkopfhülle: SonoGuard® Plus der Firma Promecon, Deutschland.

## 2.6 Studienablauf

Ein Flow-Diagramm zum Ablauf von randomisierten Studien [45] findet sich in Anlage 1. Der Ablauf gemäß des Studienprotokolls ist in Abb. 1 dargestellt.

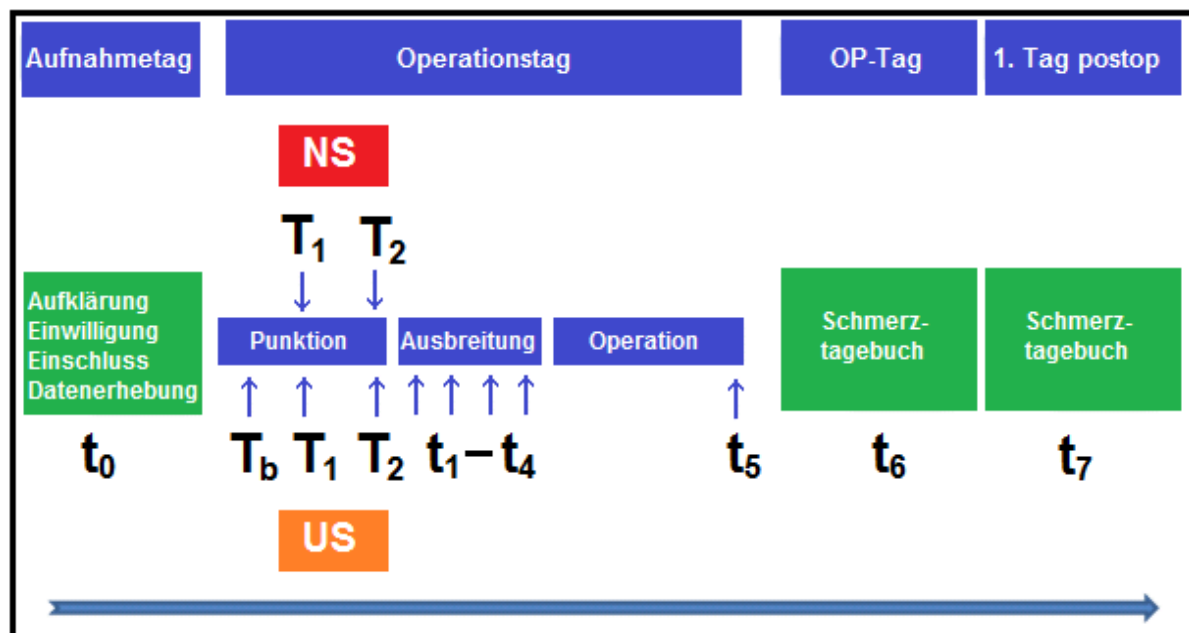


Abb. 1: Ablaufschema gemäß Studienprotokoll

### 2.6.1 Präoperative Vorbereitung

Nach Vorliegen der chirurgischen und anästhesiologischen Aufklärung und Einwilligung in den operativen Eingriff erfolgte die Studienaufklärung (Anlage 2 und 3).

Gemeinsam mit dem visitierenden Anästhesisten wurden vom Patienten vier Fragenkomplexe zur Schmerzanamnese und Wohlbefinden der "*Checkliste Aufnahme*tag" (Anlage 4), beantwortet.

Die Patienten wurden entsprechend dem klinischen Standard am Vorabend mit 1mg Lorazepam per os prämediziert. Am Operationstag erhielten alle Patienten nach Abruf in den Operationssaal 3,75-7,5 mg Midazolam per os. Prämedikationszeit und Ankunftszeit im Operationssaal wurden dokumentiert (Anlage 5) Nach Identifikation des Patienten und Überprüfung der Unterlagen wurde die Randomisierung im Losverfahren durchgeführt.

Alle Patienten erhielten ein Basismonitoring aus EKG, nichtinvasiver Blutdruckmessung und peripherer Pulsoxymetrie. Ein venöser Zugang wurde gelegt und Elektrolytlösungen infundiert.

Gemäß Studienprotokoll wurde sichergestellt, dass alle Patienten die gleiche Menge des Lokalanästhetikums erhielten. Es wurden 4 Einwegspritzen jeweils mit 5 ml Prilocain (Xylonest) 1% und mit 5 ml Ropivacain (Naropin) 0,75% vorbereitet.

Nach entsprechender Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch, Desinfektion und sterilem Abdecken des Punktionsgebietes mit dem Basis-Set „Safety“ (Abb. 2) erfolgte die Anlage des ISB am wachen Patienten. Die markierte Punktionsstelle wurde jeweils mit 2 ml Prilocain 1% anästhesiert

### **2.6.2 ISB Anlage mittels elektrischer Nervenstimulation**

Als Punktionsverfahren kam wie eingangs beschrieben das Vorgehen nach Winnie modifiziert nach Meyer zur Anwendung (Abb. 3). Die Orientierung erfolgte anhand anatomischer Landmarken (Abb. 4).

Für das Aufsuchen des Plexus wurde eine 22Gx2“ atraumatische isolierte Stimulationskanüle Stimuplex® verwendet. Als Nervenstimulator kam ein Gerät der Firma Braun zum Einsatz (Abb. 5). Die Stimulierung erfolgte mit den Anfangseinstellungen von 1 mA Impulsstromstärke, 0,1 ms Impulsbreite und 1 Hz Impulsfrequenz entsprechend dem klinischen Standardvorgehen. Mit Annäherung der Nadel an den Nerv, erfolgte eine Reizantwort im jeweiligen Zielmuskel. Als Zielmuskeln kommen der Musculus biceps brachii, der Musculus deltoideus sowie

der Musculus triceps brachii in Betracht [46]. In der vorliegenden Untersuchung wurden alle Reizantworten gezielt am Musculus biceps brachii ausgelöst. Die Stimulationsstromstärke wurde in 0,10 mA Schritten reduziert bis eine Kontraktion bei 0,3 mA noch ausreichend kräftig festgestellt werden konnte. Der Nervenstimulator wurde ausgestellt und die langsame Injektion des Lokalanästhetikums unter wiederholter Aspiration erfolgte. Mit Punktionsbeginn begann die Messung der Prozedurzeit, dabei wird T1 als Zeit bis zum Erreichen der korrekten Reizantwort im Zielmuskel definiert. Der Zeitraum T2 wurde vom Beginn der korrekten Reizantwort bis zum Ende der Injektion mit Entfernung der Kanüle definiert.

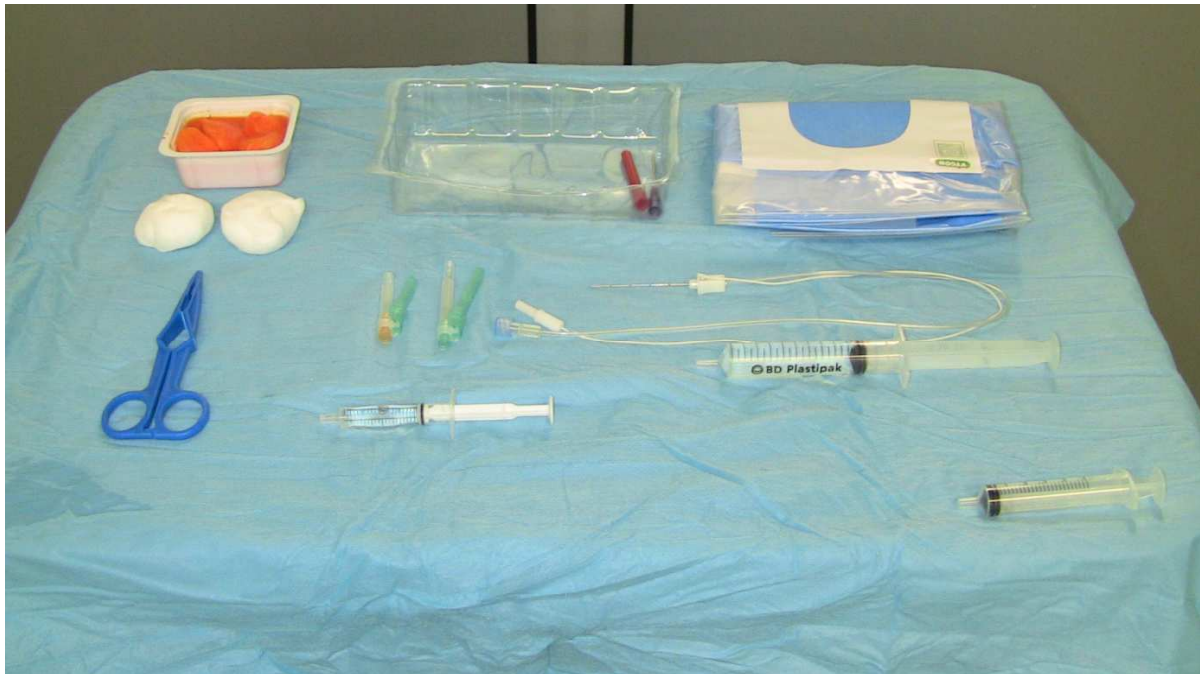


Abb. 2: Basis-Set "Safety"

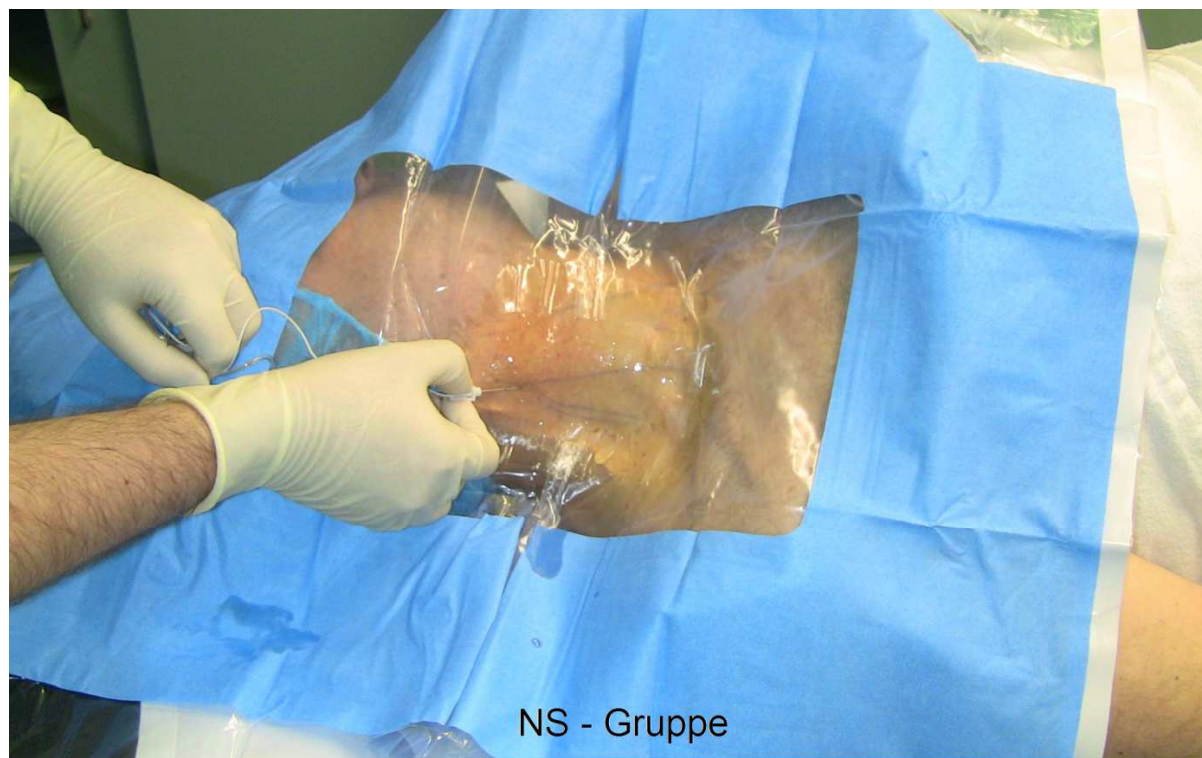


Abb. 3: Punktion nach Winnie mit Modifikation nach Meyer



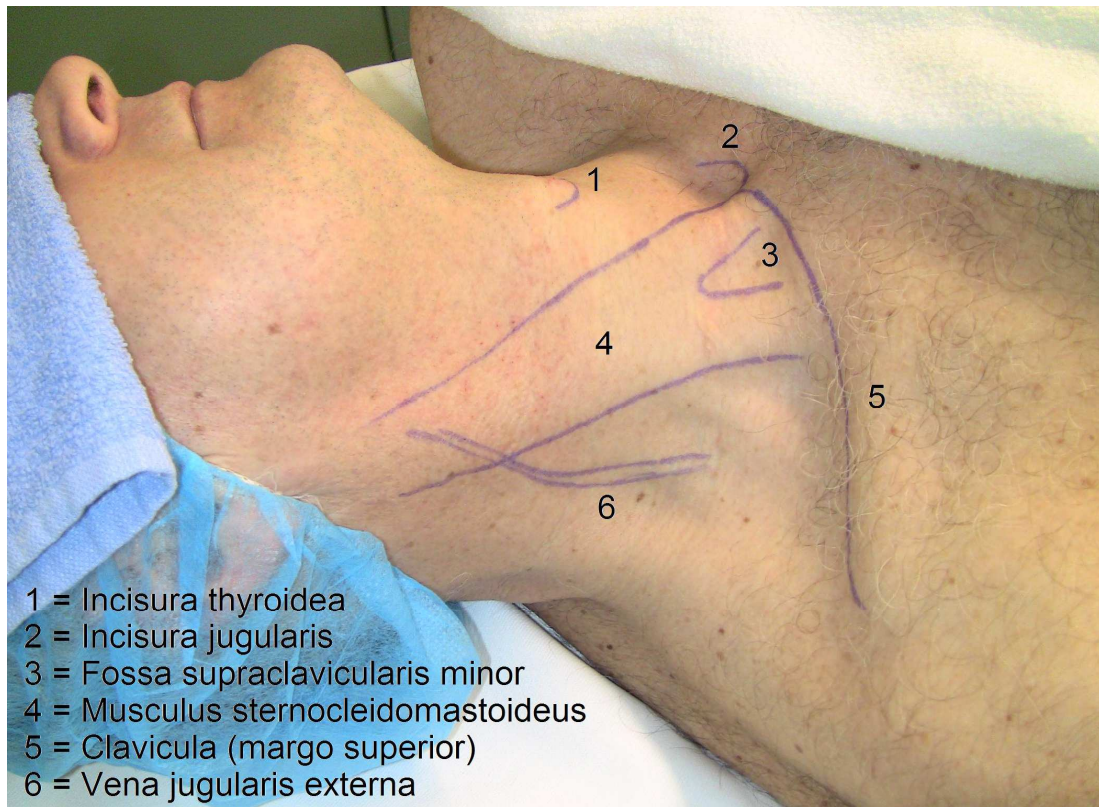


Abb. 4: Landmarken

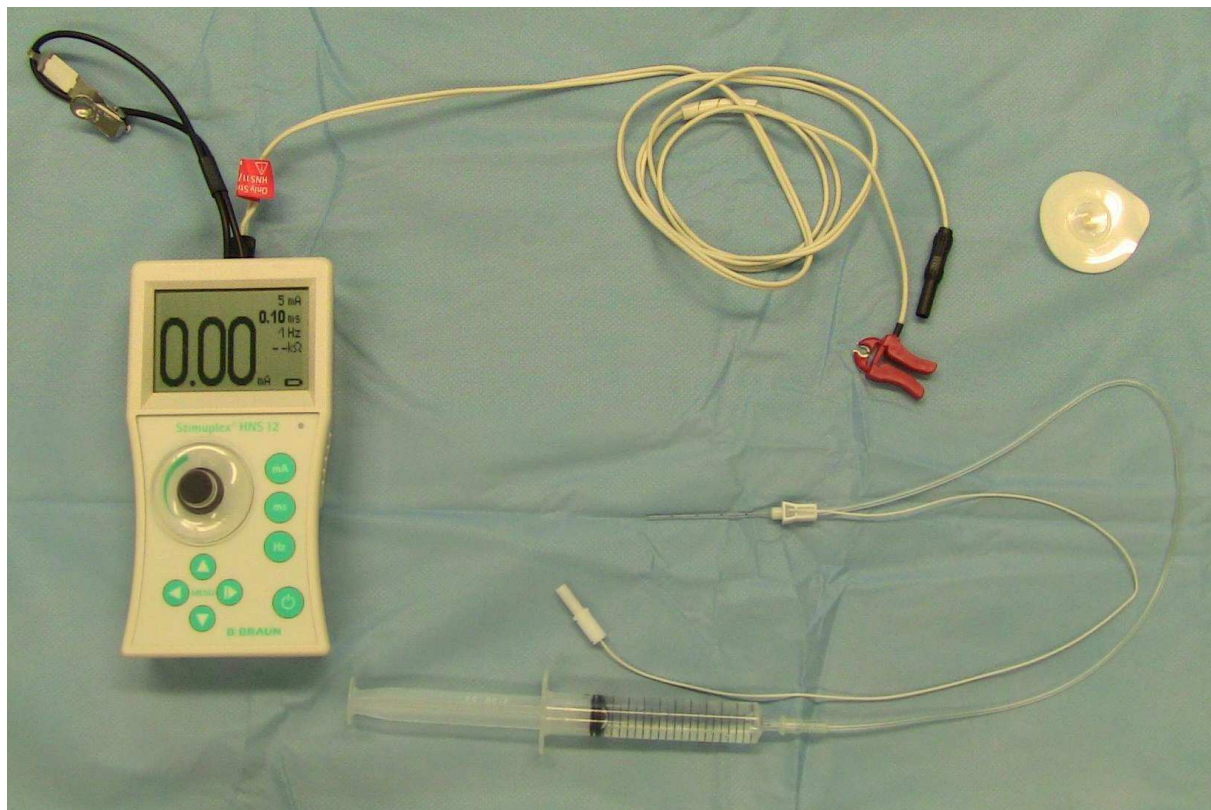


Abb. 5: Nervenstimulator mit Stimulationskanüle

### 2.6.3 Ultraschallgestützte Punktion

Das ergonomische Setting für die Punktion in dieser Gruppe wurde wie folgt festgelegt. Alle Komponenten befanden sich auf einer optischen Achse. Der Anästhesist stand am Kopfende des Patienten. Vor ihm lag das Punktionsgebiet. Anschließend folgte das Zielgebiet für die Muskelkontraktionen. In Höhe des Thorax des Patienten, auf der zu operierenden Schulterseite, befand sich das Ultraschallgerät (Abb. 6).

Bei der Punktion wurde die "Out of Plane"-Technik angewendet [47]. Die Punktion erfolgte immer kranial der Ultraschallsonde und ermöglichte eine kontrollierbare Nadelführung. Das Ultraschallgerät wurde gemäß Anweisung durch das Pflegepersonal bedient.



Abb. 6: Ergonomisches Setting für die Punktion

Zum sterilen Abdecken der Ultraschallsonde wurde die Abdeckung SonoGuard® Plus benutzt.

Mit Aufsetzen des Schallkopfes auf den Hals, begann die Prozedurzeitmessung. Dabei wurde die Zeit TB als Zeitspanne bis zur mittigen Darstellung des gewünschten Plexus im Ultraschallbild definiert (Abb. 7 + 8).

Die Stimulationskanüle wurde anschließend in der Mitte des Bildes, durch Kurzachsen- oder "Out of Plane"-Methode in die Haut eingeführt [47]. Stimulationskanüle und Nervenstimulator waren identisch der Gruppe mit alleiniger elektrischer Nervenstimulation.

Die Nadel wurde durch das Hin-und-her-Gleiten des Transducers bei fixierter Nadel im Gewebe und anschließend bei fixiertem Transducer und feinschlägig bewegter Nadel, "Chicken prick"-Methode, identifiziert [48].

Die Identifikation der Nadelspitze erfolgte durch die Hydrodilations- und Hydrodissektionsmethode [49]. Der Nadelschliff zeigte immer nach kranial ("beavel up position") [48] (Abb. 9 + 10).

Nach dem die Nadel an den Muskeln vorbei zu den Zielstrukturen geführt wurde, begann am Plexus die elektrische Nervenstimulation. Im Gegensatz zur NS-Gruppe startete in der Ultraschallgruppe die Stimulation mit 0,1 mA/s. Die Stromstärke wurde in 0,10 mA Schritten gesteigert bis eine Kontraktion im entsprechenden Kennmuskel ausgelöst wurde oder 1,0 mA erreicht waren. Es sollte hiermit eine Kontrolle der Nadelposition in Nervennähe durchgeführt werden. Zu hohe Stromstärken in direkter Nervennähe sollten, zum Beginn der Stimulation, vermieden werden.

Die Zeit T1 definiert sich hier mit Erreichen der maximalen Stimulationsstärke von 1 mA/ ms bzw. dem korrekten Auslösen der Reizantwort am Kennmuskel. Nach Injektion des Lokalanästhetikums unter Beachtung des „donut sign“ [50, 51] und Abb. 11 und 12 endete die Prozedurzeit T2 mit Entfernen der Nadel aus der Punktionsstelle.





Abb. 7: Darstellung des interskalenären Nervenbündels (nativ)

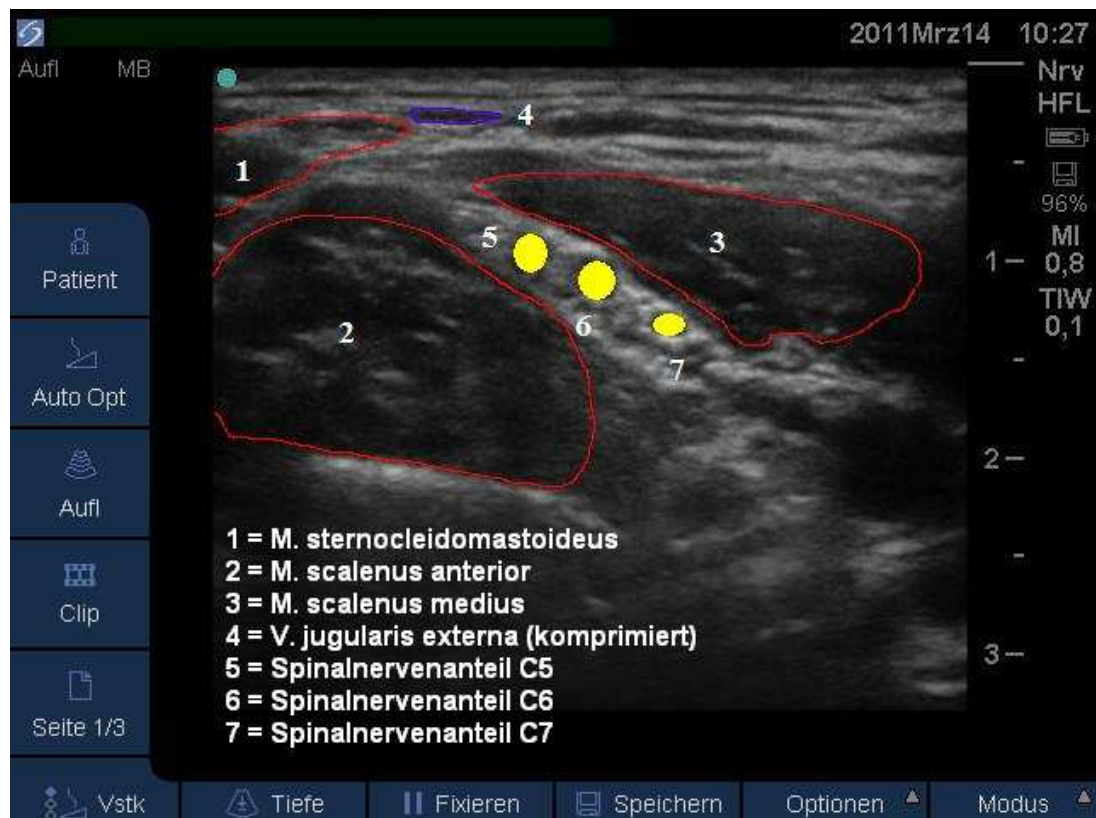


Abb. 8: Darstellung des interskalenären Nervenbündels (erklärt)





Abb. 9: "beavel up position" und Hydrodissektionsmethode (nativ)

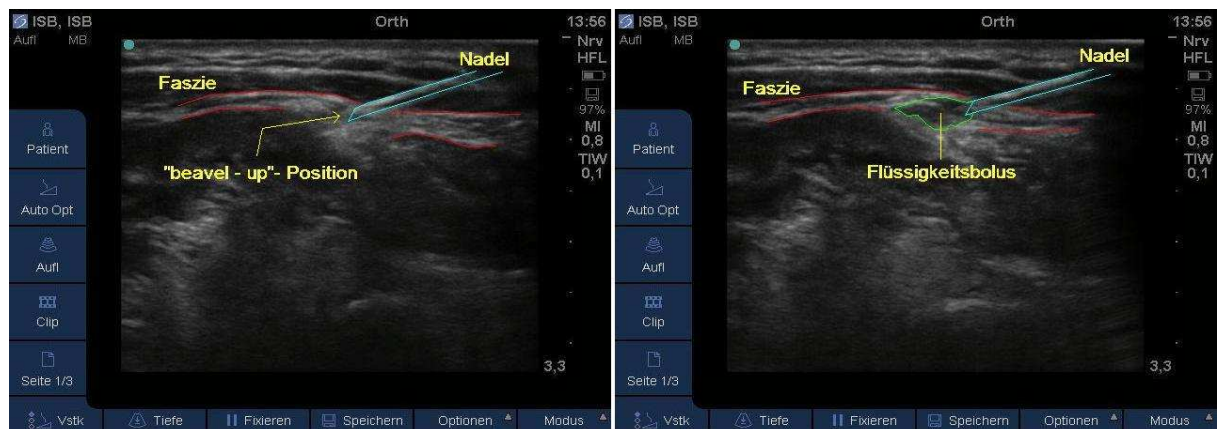


Abb. 10: "beavel up position" und Hydrodissektionsmethode (erklärt)



Abb. 11: "donut sign" nativ

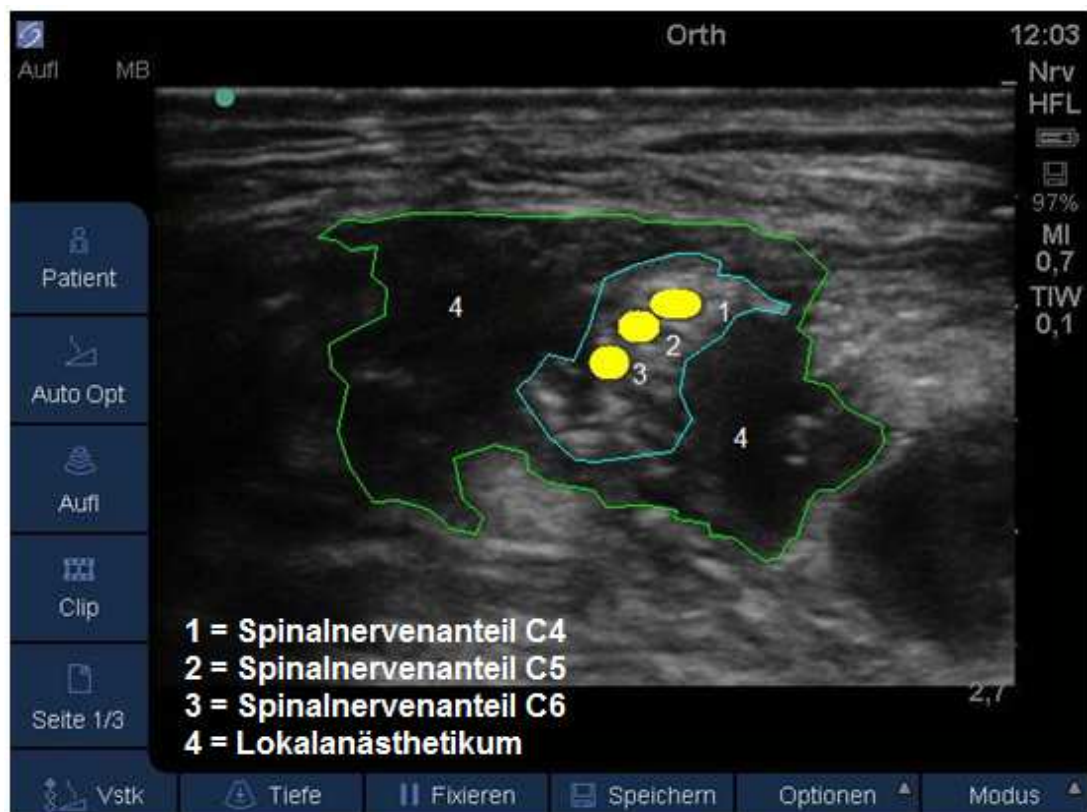


Abb. 12: "donut sign" (erklärt)

#### **2.6.4 Intraoperativer Studienablauf**

Nach Abschluss der Plexusblockade und Wirkungseintritt mit Dokumentation der Zeiten und Blockadequalitäten erfolgte die Einleitung der Allgemeinanästhesie. Entsprechend dem klinikinternen Standard wurde nach Einleitung mit Etomidate oder Propofol, Opioid und Cis-Atracurium die Narkose als balanziertes Verfahren in Kombination mit Sevoflurane oder als TIVA mit Propofol weitergeführt. Die mechanische Ventilation erfolgte mit dem Gerät Primus, das Basismonitoring wurde mit dem dazugehörigen Infinity Delta Monitor durchgeführt.

Ebenso verfügten alle Patienten über ausreichend große venöse Zugänge.

Eine PONV-Prophylaxe erfolgte gemäß den gültigen Leitlinien [52].

Im Anästhesieprotokoll wurden alle Nebendiagnosen und studienrelevanten Daten dokumentiert.

Im Anschluss des operativen Eingriffes wurden die Patienten auf der orthopädischen Normalstation betreut.

#### **2.6.5 Postoperativer Verlauf**

Die postoperative Schmerztherapie wurde im Narkoseprotokoll vom betreuenden Anästhesisten festgelegt und als schriftliche Anweisung fixiert.

Die Patienten hatten die Aufgabe, einen Schmerzkalendar in der gesamten postoperativen Phase zu führen "*Schmerztagebuch für den Operationstag*" (Anlage 6).

Am ersten postoperativen Tag erfolgte eine erneute anästhesiologische Visite, in der der Fragebogen "*Schmerztagebuch für den 1. Tag nach der Operation*" zusammen mit dem Patienten ausgefüllt wurde (Anlage 7).

Dokumentiert wurden retrospektive subjektive Einschätzung der Punktionsverfahren durch den Patienten, sowie Ende der Nervenblockade. Als Blockadeende wurde der erstmalig auftretende Schmerz im Operationsgebiet erfasst, welcher noch ohne zusätzliche Medikation vom Patienten ertragen wurde. Waren die Patienten schmerzfrei durch schon erfolgte Gabe von Schmerzmitteln, wurde Zeitpunkt der Wiederkehr von kompletter Motorik und Sensibilität als Blockadeende dokumentiert.

Schmerzmedikamente und -verbrauch wurden anhand der Stationsdokumentation erfasst und gemäß WHO-Schmerztherapieschema eingeordnet [53].

## 2.7 Messzeitpunkte und Parameter zur Blockadequalität

Tabelle 1: Messzeitpunkte und dokumentierte Parameter zur Blockadequalität und Schmerzempfinden

Zeitpunkte	Definition	Parameter
t <sub>0</sub>	präoperativ am Aufnahmetag	NRS, VRS
t <sub>1</sub>	unmittelbar nach Punktion	NRS, VRS, Motorik, Sensibilität, Sympathikusblockade
t <sub>2</sub>	5 min nach Punktion	NRS, Motorik, Sensibilität, Sympathikusblockade
t <sub>3</sub>	10 min nach Punktion	NRS, Motorik, Sensibilität, Sympathikusblockade
t <sub>4</sub>	15 min nach Punktion	NRS, Motorik, Sensibilität, Sympathikusblockade
t <sub>5</sub>	OP-Ende, vor Verlegung	NRS, Motorik, Sensibilität, Sympathikusblockade
t <sub>6</sub>	Postoperativ auf Station	NRS, VRS, Blockadeende, Schmerzstärke und –lokalisierung, Schmerzmedikamente, Dosis, Applikationsform
t <sub>7</sub>	erster postoperativer Tag	NRS, VRS, Schmerzstärke und –lokalisierung, Schmerzmedikamente, Dosis, Applikationsform, VRS der Punktion (retrospektiv)

(NRS=Numerische Rating Skala und VRS=Verbale Rating Skala)

### **2.7.1 Schmerzstärke und subjektives Wohlbefinden**

Die Schmerzstärke wurde mit Hilfe der Numerischen Rating Skala (NRS) [54] erfasst. Die Skalierung wurde von 0 bis 10 gewählt und die Endpunkte mit Ankerworten versehen. So bedeutete 0 "absolut keine Schmerzen" und 10 "stärkster vorstellbarer Schmerz" (Anlage 4, Frage 2).

Das subjektive Wohlbefinden wurde mit einer verbalen oder deskriptiven Rating Skala (VRS) „von unerträglich bis bestens“ gemessen (Anlage 4, Frage 3). Bei den Deskriptoren wurde auf einen korrekten semantischen Abstand geachtet. Die Anzahl der Deskriptoren wurde gezielt auf eine gerade Zahl reduziert, um eine Verzerrung der Antwort zu vermeiden. Es sollte von den Patienten nur ein Item auf der Skala angegeben werden. Erhoben wurde diese Zustandsbeschreibung an 4 Zeitpunkten (siehe Tabelle 1). Diese Untersuchung hatte zum Ziel, hauptsächlich zwischen positivem und negativem Empfinden zu unterscheiden.

### **2.7.2 Die Testung der Motorik**

Der Schweregrad einer motorischen Lähmung wird in der Neurologie üblicherweise nach einer Skala des British Medical Research Council (BMRC) in sechs Kraftgrade eingeteilt (Tab. 2) [55, 56]. Nach Modifizierung zur Verbesserung der Praktikabilität wurde mit Hilfe dieser Graduierung die motorische Blockade beurteilt.

- |   |   |
|---|---|
| 1 | gar keine Veränderung   |
| 2 | es bestehen Veränderungen im Sinne einer Kraftminderung oder eine erschwerte Bewegung |
| 3 | volle Lähmung, es bestehen maximal nur spürbare Muskelkontraktionen unter der Haut    |

Tabelle 2: Schweregrad einer motorischen Lähmung

Graduierung nach BMRC	modifizierter Grad
0/5: keinerlei Muskelaktivität, komplette Lähmung	<b>3</b>
1/5: sichtbare/tastbare Kontraktion ohne Bewegungseffekt	<b>3</b>
2/5: Bewegung bei Ausschaltung der Schwerkraft möglich	<b>2</b>
3/5: Bewegung gegen die Schwerkraft gerade noch möglich	<b>2</b>
4/5: Bewegung gegen mäßigen Widerstand	<b>1</b>
5/5: normale Kraft	<b>1</b>

Es wurden folgende Bewegungen gemäß der anatomischen Innervationsgebiete der Nerven [57] getestet:

- Oberarmabduktion (unter 30° M. supraspinatus, C4-C6, N. suprascapularis; über 30° M. deltoideus, C5-C6, N. axillaris),
- Ellenbogenflexion in rechtwinkliger Ausgangsbeugestellung bei supiniertem Unterarm (M. biceps brachii, C5-C6, N. musculocutaneus, aus mittlerer Beugestellung heraus M. brachioradialis, C5-C6, N. radialis),
- Ellenbogenextension in rechtwinkliger Ausgangsbeugestellung bei supiniertem Unterarm (M. triceps brachii, C7-C8, N. radialis),
- Handgelenkflexion (M. flexor carpi radialis, C7-C8, N. medianus, M. flexor carpi ulnaris, C8-Th1, N. ulnaris),
- Handgelenkextension (M. extensor carpi ulnaris, C7-C8, N. radialis, Mm. extensor carpi radialis longus et brevis, C7-C8, N. radialis),
- Fingerflexion aufliegende Hand mit der Handfläche zur Raumdecke (M. flexor digitorum superficialis, Fingermitteglied, C7-Th1, N. medianus, M. flexor digitorum profundus, Fingerendglied, C7-C8, N. medianus),
- Fingerextension aufliegende Hand mit der Handfläche zur Unterlage (M. extensor digitorum communis, C7-C8, N. radialis).

Den zervikalen spinalen Segmenten wurden folgende Kennmuskeln zugeordnet:

- M. deltoideus C5
- M. biceps brachii und M. brachioradialis C6
- M. triceps brachii C7
- Handmuskulatur C8

### **2.7.3 Testung der Sensibilität**

Der Ausfall der Sensibilität wurde mittels Kälteapplikation und "Pinprick"-Methode getestet [58, 59]. Durch Druck und Berührung wurden alle am Arm vorhandenen Dermatome geprüft. Die Ausübung der taktilen Reize erfolgte mit Hilfe des spitzen Endes eines Reflexhammers. Streichbewegungen wurden vermieden um ein Fehlempfinden durch gereizte Schmerzrezeptoren zu verhindern.

Die Qualität wurde nach 3 Graden beurteilt:

- 1 keine Veränderung. Sensibilität mit der kontralateralen Seite vergleichbar
- 2 Veränderungen im Sinne einer Kribbelparästhesie, einer verminderten Empfinden bzw. Wärmegefühl
- 3 volle Parästhesie. Der Patient spürt weder Stich noch Druck im getesteten Dermatome.

### **2.7.4 Testung der sympathischen Blockade**

Als Zeichen der sympathischen Blockade wurden Auftreten von venöser Blutgefäßerweiterung und Überwärmung der Hand im Seitenvergleich gewertet und mit „vorhanden“ oder „nicht vorhanden“ dokumentiert.

### **2.7.5 Lernkurve der Untersucher**

Zur Erfassung der Lernkurve wurde die Prozedurzeit analysiert und unterteilt nach 1. Zeit bis zur Visualisierung des Plexus (TB), 2. Stimulationszeit (T1) und 3. Gesamtprozedurzeit (T2).

## **2.8 Statistische Auswertung**

Die Daten der Protokolle wurden in Excel-Tabellen übertragen und nach Anonymisierung mittels Statistical Package for Social Sciences (SPSS 19.0 for Windows<sup>®</sup>, SPSS Inc., Chicago, USA) ausgewertet. Die statistische Aufarbeitung der anonymisierten Daten erfolgte durch das Institut für Biometrie und Medizinische Informatik des Universitätsklinikums Magdeburg. Der Stichprobenumfang (Poweranalyse) wurde anhand vergleichbarer in den vergangenen Jahren publizierter Daten ermittelt.

Nach Prüfung auf Normalverteilung wurden normalverteilte Parameter wie Zeit, Alter, Größe und Gewicht als Mittelwert mit Standardabweichung und nichtnormalverteilte Daten wie NRS und VRS als Median mit dem dazugehörigen Range (Minimum und Maximum) dargestellt.

Zur Prüfung auf Unterschiede zwischen den Gruppen kamen der Pearson's Chi-Quadrat-Test, sowie der Mann-Whitney-u-Test zur Anwendung.

Das Signifikanzniveau wurde mit  $p < 0,05$  festgelegt.



### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Patientendaten

60 Patienten der Klinik für Orthopädie der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, wurden im Jahr 2011 in die Untersuchung eingeschlossen. Die Auswertung der demographischen Daten zeigte keine signifikanten Unterschiede (Tab. 3).

Tabelle3: Demographische Daten

	<b>NS-Gruppe</b>	<b>US-Gruppe</b>
	n= 30	n= 30
Geschlecht m/ w	16/ 14	18/ 12
Alter in Jahren	51 ±18	50 ±15
Größe in cm	173 ±9	173 ±9
Gewicht in kg	82 ±14	84 ±17
ASA Status I,II,III n	9/ 20/ 1	10/ 17/ 3
Normalgewicht n	10	9
Präadipositas n	11	12
Adipositas Grad* I,II,III n	8/ 1/ 0	6/ 1/ 2

\* zwei Patienten mit einem BMI von 40,1 und 41,5 stellten Ausreißer dar ohne signifikanten Unterschied in der Punktionszeit

In der Tabelle 4 sind die Begleiterkrankungen erfasst. 70% aller Patienten wiesen eine bzw. mehrere Begleiterkrankungen auf.

Tabelle 4: Begleiterkrankungen

<b>Begleiterkrankung</b>	<b>NS-Gruppe</b>	<b>US-Gruppe</b>
	<b>n</b>	<b>n</b>
keine	1	2
arterielle Hypertonie	13	11
Allergien	10	11
Nikotinabusus	8	10
Adipositas	8	8
Schilddrüsenerkrankungen	5	2
Chronisches Vorhofflimmern	3	2
HLP	3	1
KHK	3	1
IDDM	3	1
NIDDM	1	2
Varikosis	1	2
LWS-Syndrom	1	1
Glaukom	2	0
Hyperurikämie	1	1
paVK	1	0
Epilepsie	1	0
Depression/ Angststörung	1	1
Disposition zur MH	1	0
Z.n. apoplektischen Insult ohne Residuen	0	1
COPD	0	1

### 3.2 Art und Dauer der Operationen

Arthroskopien, arthroskopisch subakromiale Dekompression (ASAD) sowie Naht der Rotatorenmanschette und Mobilisationen in Narkose stellen den Hauptteil der erfolgten Operationen (Tab. 5). Beide Gruppen unterschieden sich nicht hinsichtlich Art und Dauer der Operation. Operationszeit betrug in der NS-Gruppe  $62 \pm 28$  min. vs.  $70 \pm 59$  min. in der US-Gruppe.

Tabelle 5: Verteilung der Operationen

Operation	NS	US
	n	n
ASK	25	22
ASAD	21	15
RTM-Naht	17	11
AC-Resektion	8	1
ventrale Stabilisierung	2	4
MIN	1	4
Kalkextraktion	2	2
Wechsel ASK zu offen	0	2
SLAP-Naht	1	1
Bursektomie	0	2
Frakturrefixation	1	0
Rekonstruktion	1	0
Arthrolyse	1	0
LBSTT/ TD	1	0
TEP	3	2
Probenentnahme	0	1
Materialentfernung	0	1

### 3.3 Lernkurven bei ultraschallgestützter Punktion

Die in Abbildung 13 + 14 enthaltene Lernkurve zeigt für beide Untersucher eine deutliche Beschleunigung im Verlauf, wobei die Ausgangswerte bei Untersucher 2 niedriger sind im Vergleich mit Untersucher 1. Die zugehörigen Werte sind in Tabelle 6 dargestellt.

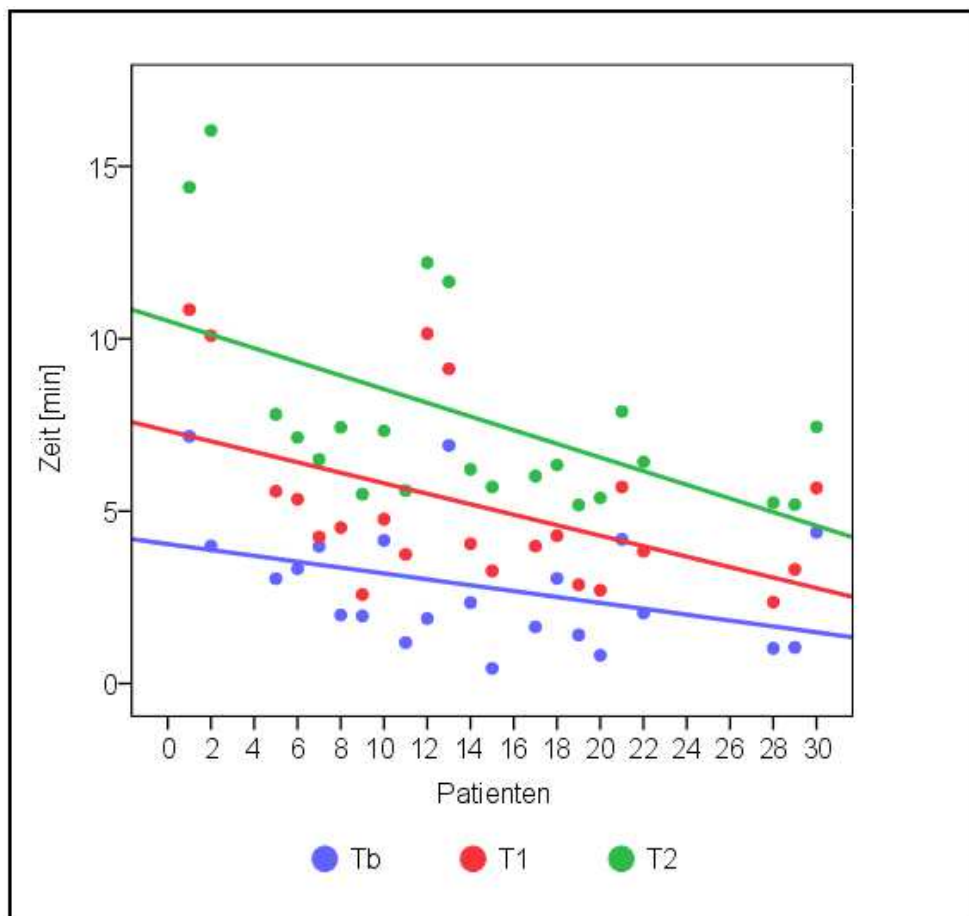


Abb. 13: Darstellung der Lernkurve von Untersucher 1

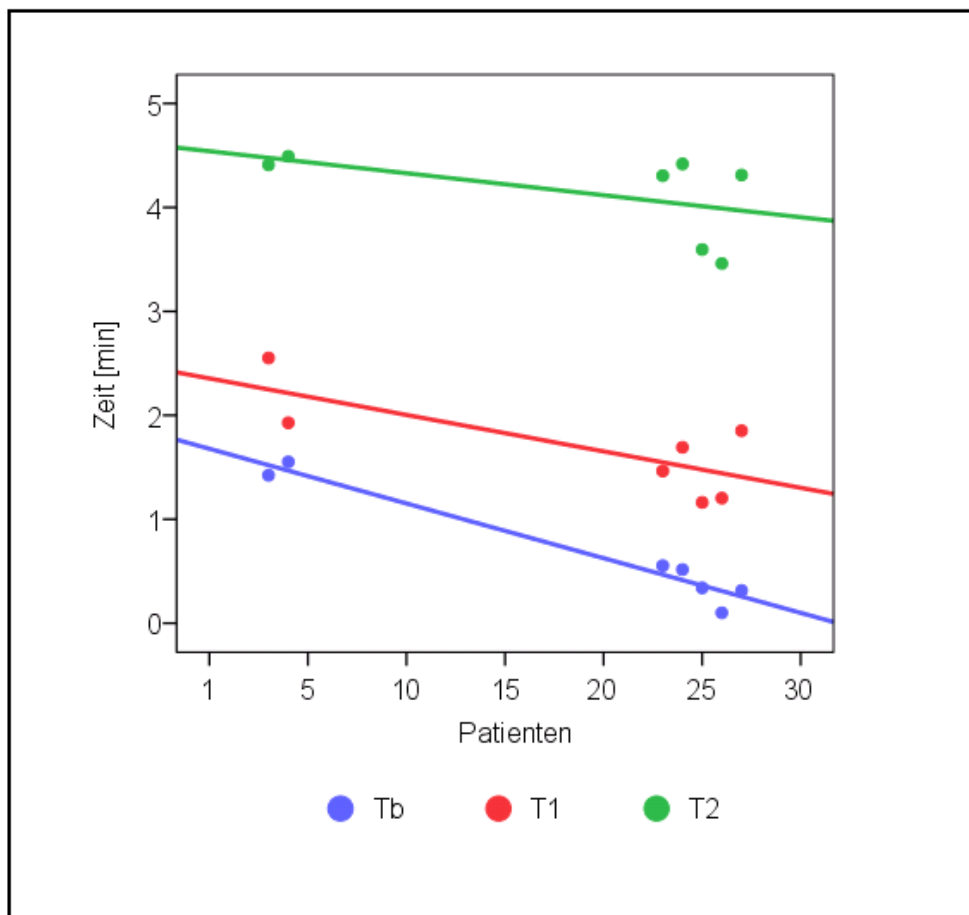


Abb. 14: Darstellung der Lernkurve von Untersucher 2

Der Vergleich der ersten mit den letzten 30% der Lernkurve zeigt bei beiden Untersuchern eine deutliche Verkürzung der Prozedurzeiten.

Tabelle 6: Prozedurzeiten

Untersucher	Zeit [min]	Beginn* [min]	Ende# [min]	Differenz [min]
1	Tb	3,92	2,25	1,67 (43%)
	T1	6,77	3,93	2,84 (42%)
	T2	9,88	6,27	3,61 (36%)
2	Tb	1,48	0,20	1,28 (86%)
	T1	2,23	1,53	0,70 (31%)
	T2	4,45	3,88	0,57 (13%)

\* = Mittelwert der ersten 30% der Lernkurve,

# = Mittelwert der letzten 30% der Lernkurve.

### 3.4 Prozedurzeiten und Erfolgsrate im Vergleich beider Gruppen

Die durchschnittlichen Prozedurzeiten zeigten keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Beim Vergleich der kumulierten Zeiten zeigt sich, dass die sonografisch gestützte Auffindungszeit (Tb) kürzer ist bei identischen Stimulationszeiten (T1). Die kumulative Gesamtzeit war in der US-Gruppe statistisch signifikant höher (Tab. 7, Abb. 15).

Tabelle7: Vergleich der Prozedurzeiten

	Tb in min	T1 in min	T2 in min	Kumulative T2* in min
	MW± SD	MW± SD	MW± SD	MW± SD
NS	--	2,42 ±2,73	2,40 ±0,9	5,33 ±3,13
US	2,15 ±1,9	2,10 ±1,43	2,45 ±0,86	6,53 ±3,05

\* p = 0,011

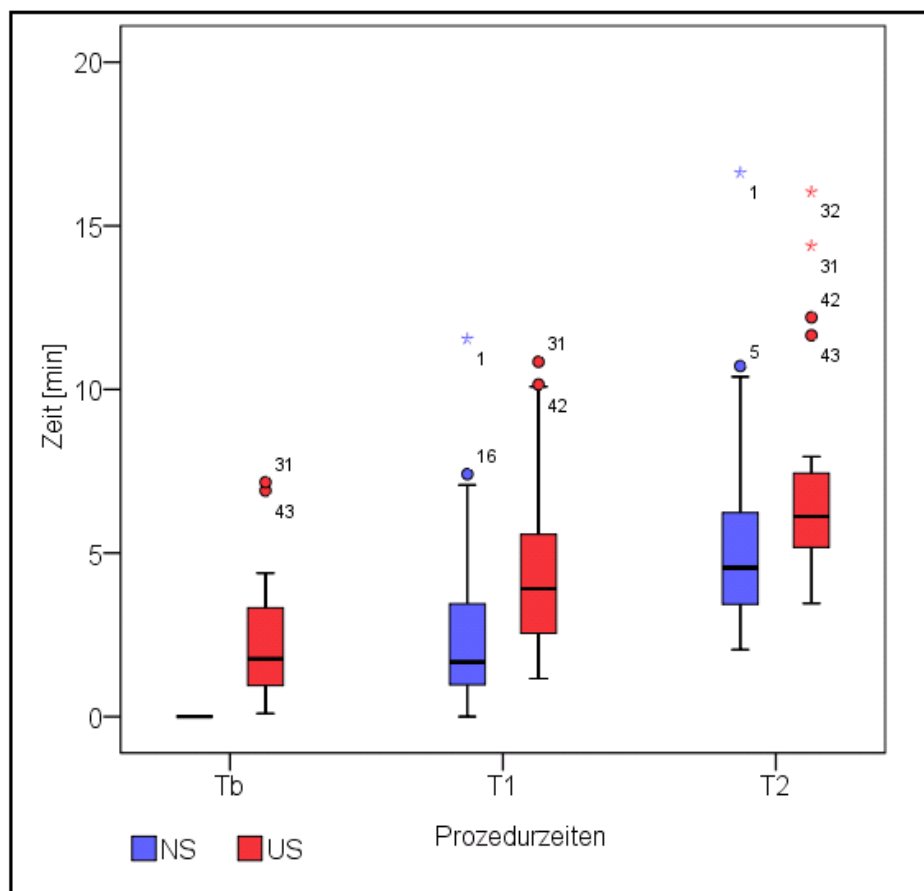


Abb. 15: Darstellung der Prozedurzeiten

Die Erfolgsrate lag in der US-Gruppe bei 100%. In der Gruppe mit elektrischer Nervenstimulation war eine Punktion nicht erfolgreich.

### **3.5 Anschlagzeit und Ausbreitung**

Bei der Analyse der Ausbreitung der Nervenblockade zeigt sich eine Überlegenheit der sonografiegestützten Punktion. Für beide Gruppen konnte festgestellt werden, dass in dem Segment in dem die Kontraktion ausgelöst werden konnte, am schnellsten eine vollständige Blockade erreicht wird. Während zum Messzeitpunkt t5 zwischen beiden Gruppen hinsichtlich kompletter sensibler und motorischer Blockade in allen getesteten Segmenten keine signifikanten Unterschiede feststellbar waren, kommt es in fast allen getesteten Segmenten zu einem früheren Beginn von sensibler und motorischer Blockade in der US-Gruppe. (Tab. 8 + 9). In beiden Gruppen beginnt die sympathische Blockade hauptsächlich nach 5 min. (Tab. 10). In beiden Gruppen beginnt die sympathische Blockade hauptsächlich nach 5 min. Die sympathische Blockade ist, bis auf einem Patienten der NS-Gruppe, nach 10 min. voll ausgeprägt.

Tabelle8: Motorische Blockade der einzelnen überprüften Segmente

vollständige Blockade der motorischen Fasern								
	C5		C6		C7		C8	
	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US
	in %	in %	in %	in %	in %	in %	in %	in %
t <sub>1</sub>	40,0	13,3	0	3,3	33,3	3,3	0	0
t <sub>2</sub>	66,6	46,6	10,0	16,6	56,6	9,9	3,3	0
t <sub>3</sub>	79,9	76,6	23,3	39,9	66,6	19,9	6,6	6,6
t <sub>4</sub>	83,2	83,2	29,9	53,2	76,6	36,5	13,2	16,6
t <sub>5</sub>	96,5	89,8	76,5	89,8	96,6	96,5	93,2	96,6
beginnende Blockade der motorischen Fasern								
	C5		C6		C7*		C8	
	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US
	in %	in %	in %	in %	in %	in %	in %	in %
t <sub>1</sub>	26,6	30,0	50,0	26,6	20,0	10,0	6,6	6,6
t <sub>2</sub>	29,9	50,0	70,0	56,6	26,6	43,3	6,6	23,6
t <sub>3</sub>	29,9	56,6	76,6	73,2	29,9	49,9	20,2	29,8
t <sub>4</sub>	29,9	56,6	79,9	79,8	29,9	56,5	26,8	33,1
t <sub>5</sub>	29,9	59,9	86,5	83,1	29,9	59,8	26,8	33,1

\* p< 0,05



Tabelle9: Sensible Blockade der einzelnen überprüften Segmente

vollständige Blockade der sensiblen Fasern																
	C3		C4		C5		C6		C7		C8		TH1		Th2	
	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
t <sub>1</sub>	3,3	3,3	6,6	6,6	6,6	3,3	0	0	3,3	0	3,3	0	0	0	0	0
t <sub>2</sub>	6,6	3,3	19,9	23,2	19,9	9,9	10,0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	0	6,6	0	3,3
t <sub>3</sub>	6,6	6,6	26,5	39,8	26,5	19,9	13,3	9,9	3,3	3,3	6,6	6,6	0	9,9	0	6,6
t <sub>4</sub>	9,9	6,6	36,5	53,1	36,5	33,2	26,6	16,5	3,3	3,3	6,6	6,6	3,3	19,9	3,3	16,6
t <sub>5</sub>	93,2	96,6	96,5	96,4	96,5	96,5	96,6	96,5	93,3	96,6	93,2	96,6	93,3	96,5	93,3	93,2
beginnende Blockade der sensiblen Fasern																
	C3		C4		C5		C6		C7		C8		TH1		Th2	
	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
t <sub>1</sub>	23,3	20,0	30,0	46,6	26,6	46,6	33,3	36,6	20,0	26,6	20,0	26,6	3,3*	26,6	3,3*	30,0*
t <sub>2</sub>	49,9	23,3	63,3	63,2	59,9	59,9	53,3	53,2	30,0	36,6	33,3	36,6	13,3*	36,6	36,6	40,0
t <sub>3</sub>	49,9	26,6	66,6	73,2	63,2	79,9	56,6*	86,5	33,3	56,6	36,6	59,9	23,3*	46,6	43,2	50,0
t <sub>4</sub>	49,9	29,9	66,6	73,2	63,2	79,9	59,9	93,1	36,6	63,2	39,9	66,5	29,9*	49,9	43,2	53,3
t <sub>5</sub>	49,9	29,9	66,6	73,2	63,2	79,9	59,9	93,1	36,6	63,2	39,9	66,5	29,9	49,9	43,2	53,3

\* p< 0,05

Tabelle 10: Sympathische Blockade

Messzeitpunkt	NS-Gruppe n	US-Gruppe n
t1	0	1
t2	23	16
t3	5	13
t4	1	0
t5	0	0

### 3.6 Elektrostimulation und Stromstärken

Bei einem großen Teil der Patienten in der US-Gruppe war auch mit hohen Stromstärken keine Reizantwort zu erzielen, obwohl die Nadel unter Sicht in Nervennähe positioniert wurde (Tab. 11).

Tabelle11: Auslösbarkeit der Nervenstimulation

Stimulation	auslösbar	nicht auslösbar
	n	n
NS	30	0
US	10 (33,3%)	20 (66,7%)

In der US-Gruppe benötigten die Hälfte der Patienten zum Auslösen einer motorischen Antwort Stromstärken über 0,5 mA. Bei 3 Patienten erfolgte der Abbruch der Stimulation bereits bei 0,6 mA wegen Schmerzen und Parästhesien (Tab. 12).

Tabelle12: Reizantwort

Stimulationsstromstärke	Reizantwort	
mA	erfolgt	nicht erfolgt
0,1- ≤ 0,5	16,6 %	0
0,6 – 1,0	16,6 %	66,6 %
gesamt	33,2 %	66,6 %

### 3.7 Intraoperativer Opiatverbrauch

Beide Gruppen unterschieden sich nicht hinsichtlich des intraoperativen Opiatverbrauches. Patientenadaptierte Induktionsdosen von 1-2 µg/kgKG Fentanyl wurden verabreicht. Bei jeweils einem Patienten in jeder Gruppe war eine Repetition von 0,5-1,5 µg/kgKG Fentanyl notwendig. Patienten, die unter Narkose mobilisiert wurden, erhielten keine Opiatgabe. Wegen ungeplanter Erweiterung der Operation und bei erfolgloser Punktion des Plexus wurden bei zwei Patienten in der NS-Gruppe Sufentanil eingesetzt. Bei einem Patienten mit Disposition zur MH aus der NS-Gruppe wurde die Allgemeinanästhesie als reine TIVA mit Propofol und Remifentanyl in üblicher, nach Klinkstandard verabreichter, Dosierung geführt.

### 3.8 Schmerzempfinden und Patientenkomfort

Ein signifikanter Unterschied beider Gruppen wurde am Messzeitpunkt  $t_2$  festgestellt. Hier war die ultraschallgestützte Punktion der Nervenstimulation deutlich überlegen. Im weiteren Verlauf gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tab. 13, Abb. 16).

Tabelle13: Schmerzempfinden (NRS)

Zeitpunkt	NS-Gruppe Median (Range)	US-Gruppe Median (Range)	p
$t_0$	5 (0-10)	7 (2-10)	n. s.
$t_1$	4 (2-6)	3 (1-8)	n. s.
$t_2$	0 (0-5)	0*	<b>0,005</b>
$t_3$	0 (0-3)	0*	n. s.
$t_4$	0 (0-3)	0*	n. s.
$t_5$	0 (0-1)	0*	n. s.
$t_6$	7 (0-10)	6 (2-10)	n. s.
$t_7$	3,5 (0-8)	3 (0-10)	n. s.

\* In der US-Gruppe gab es zu diesem Zeitpunkt keine Schmerzen mehr.

Retrospektiv wurde die Punktion vom Patienten hinsichtlich der Schmerzen höher bewertet als zum Zeitpunkt der Punktion selbst und im Mittel mit 6 (2-10) angegeben. Nur zwei Patienten würden im Wiederholungsfall die Plexusanästhesie wegen starker Punktionsschmerzen ablehnen.

Das allgemeine Befinden wurde von den Patienten am Aufnahmetag als überwiegend unerträglich bis unangenehm eingeschätzt. Postoperativ waren die Patienten in beiden Gruppen eher zufrieden. Es gab zwischen den Gruppen keine Unterschiede (Abb. 16 + 17).

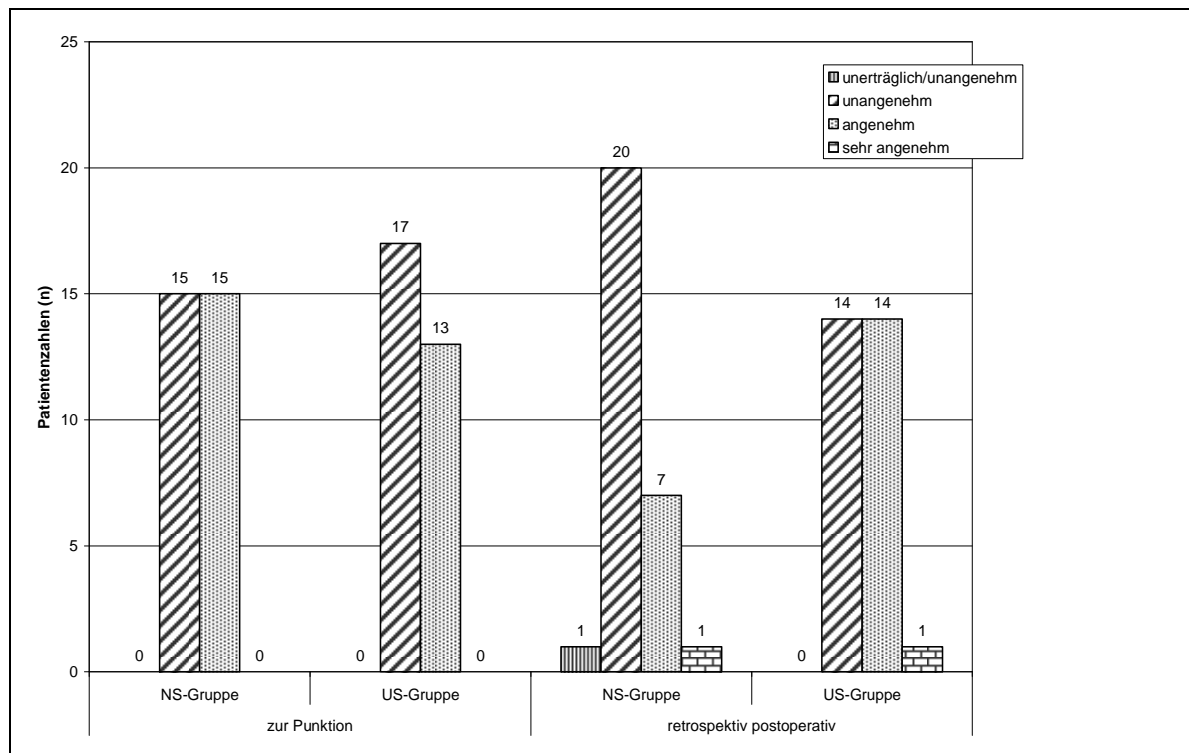


Abb. 16: Subjektive Punktionseinschätzung durch Patienten nach VRS

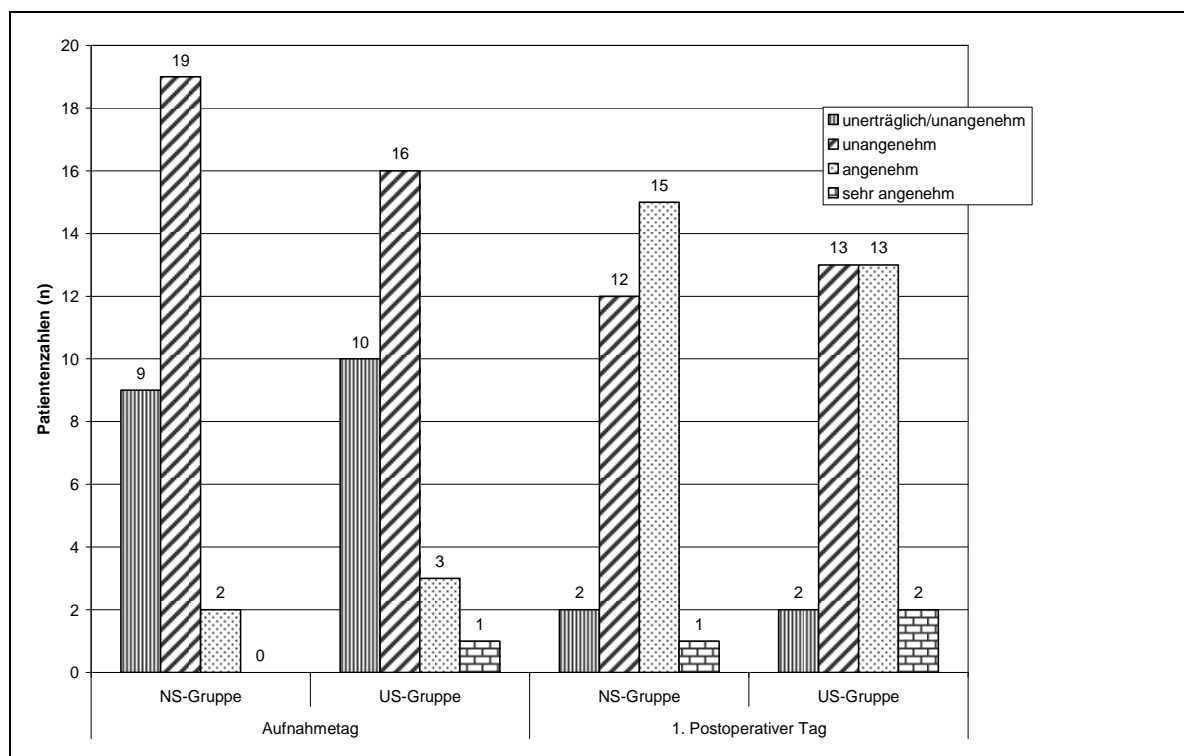


Abb. 17: Subjektive Einschätzung des Wohlbefindens durch Patienten nach VRS

### 3.9 Blockadedauer

Obwohl die Blockadedauer in der US-Gruppe signifikant kürzer war mit  $p < 0,01$  konnten keine Unterschiede hinsichtlich der Schmerzstärken festgestellt werden (Tab. 14).

Tabelle 14: Blockadedauer

	NS-Gruppe	US-Gruppe
	in h	in h
<b>Mittelwert <math>\pm</math>SD</b>	10,9 $\pm$ 5,6	7,2 $\pm$ 3,6

### 3.10 Analgetikabedarf

Patienten der US-Gruppe waren zum Zeitpunkt der ersten Befragung präoperativ häufiger mit einem Analgetikum versorgt. Dabei wurden Analgetika der WHO-Stufe 1 am häufigsten eingenommen. Unmittelbar postoperativ benötigten Patienten der US-Gruppe häufiger Schmerzmedikamente. Hier wurden überwiegend mittel – bis starkwirksame Opioide eingesetzt. Auch am ersten postoperativen Tag erhielten noch 30% der Patienten aus der US-Gruppe Piritramid (Tab. 15).

Tabelle 15: Analgetikabedarf

Zeitpunkt	Schmerzmedikamente							
	Keine n		NRSA n		Mittelstarke Opioide n		Starke Opioide n	
	NS	US	NS	US	NS	US	NS	US
t <sub>0</sub>	17	16	9	12	3	2	1	0
t <sub>6</sub>	11	7	12	11	0	3	7	9
t <sub>7</sub>	1	1	21	18	3	2	5	9

Patienten der NS-Gruppe waren zum Zeitpunkt der ersten Befragung präoperativ häufiger, aber nicht signifikant unterschiedlich mit Analgetika versorgt. Der postoperative Bedarf war in der NS-Gruppe niedriger. Patienten der US-Gruppe erhielten vermehrt mittelstarke bis starke Opioide. Signifikante Unterschiede traten nicht auf.

### 3.11 Hämodynamik

Perioperativ konnten in keiner Gruppe Kreislaufdysregulationen festgestellt werden. Blutdruck und Herzfrequenz zeigten keine Unterschiede (Tab. 16).

Tabelle 16: Hämodynamik

Messwert	NS-Gruppe	US-Gruppe	p
	MW ± SD	MW ± SD	
<b>Herzfrequenz</b>			
Ausgangswerte	71 ±11	74 ±13	n. s.
Minimalwerte	57 ±12	60 ±9	n. s.
Maximalwerte	76 ±15	81 ±12	n. s.
<b>MAP</b>			
Ausgangswerte	103 ±13	107 ±19	n. s.
Minimalwerte	57 ±12	61 ±15	n. s.
Maximalwerte	85 ±14	90 ±21	n. s.

### 3.12 Komplikationen

Das Auftreten von Nebenwirkungen und Komplikationen zeigt die folgende Tabelle. Während in der US-Gruppe keine Fehlpunktionen auftraten, zeigten sich häufiger Schmerzen durch einen Nervenkontakt bei der Punktion (Tab. 17).

Tabelle 17: Nebenwirkungen und Komplikationen

Kategorie	NS-Gruppe	US-Gruppe
Parästhesien	0	0
Schmerzen	0	2
postop. Singultus	1	0
Hornersyndrom	5	7
Horner-Syndrom + Recurrensparese	1	1
Parästhesien der Wange	0	1
Fehlpunktionen	1	0
Venöse Gefäßpunktion	2	0

## 4 Diskussion

Ziel dieser Arbeit war der prospektive, klinische Vergleich zweier Methoden zur interskalenären Plexusblockade. Es wurden erfahrene Anwender der Nervenstimulation mit ungeübten Anwendern der ultraschallgestützten Punktion verglichen. Die ultraschallgestützte Punktion fand ohne ständige Supervision statt.

In der vorliegenden Arbeit wurden neben Punktionserfolg, Komplikationsraten und Akzeptanz des Verfahrens die Lernkurven im Vergleich zur Nervenstimulation untersucht und dabei konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

- Auch ungeübte Anwender können die Methode der ultraschallgestützten Punktion innerhalb kurzer Zeit erlernen. Es kommt im Verlauf zu einem deutlichen Anstieg der Lernkurve und einer signifikanten Zeitverkürzung.
- Bei vergleichbaren Prozedurzeiten waren die Auffindungszeit des Plexusbereiches und Anschlagszeit bei ultraschallgestützter Punktion kürzer.
- Die Erfolgsrate war bei beiden Verfahren hoch mit einem Versager in der Gruppe nach Nervenstimulation.
- Die Komplikationsrate war in beiden Gruppen mit 2 passageren Recurrensparesen, 16 ipsilateralen Horner-Syndromen und 2 venösen Punktion insgesamt niedrig. Kreislaufdysregulationen wurden in beiden Gruppen nicht beobachtet.
- Beide Verfahren garantierten eine gleich gute postoperative Schmerzfreiheit mit einer deutlich verkürzten Blockadedauer nach ultraschallgestützter Punktion.
- Unmittelbar nach Punktion befragt, waren die Patienten mit beiden Verfahren eher zufrieden. Postoperativ wurde die ultraschallgestützte Methode etwas besser eingeschätzt.



#### **4.1 Lernkurve, Prozedurzeiten und Blockadequalität**

Erstmalig wurde in der hier vorliegenden Arbeit die Lernkurve einer ultraschallgestützten ISB durch ungeübte Anwender ohne ständige Supervision untersucht. In der Zeitspanne bis zur Identifizierung des Plexus brachialis bzw. der Nadelposition war schon im letzten Drittel der Lernkurve ein signifikanter Unterschied zu erkennen. Die Lernkurve ist ohne ständige Supervision ähnlich steil, wie in vorangegangenen Untersuchungen mit Supervision. Auch der 100%ige Erfolg der ultraschallgestützten Blockaden weist auf eine schnelle, effektive Erlernbarkeit der Methode ohne ständige Supervision hin. In einer von Kefalianakis und Spohner publizierten Arbeit wurden ultraschallgestützte Punktionen des axillären Plexus brachialis durch Mitarbeiter unterschiedlichen Ausbildungsstandes hinsichtlich einer Lernkurve untersucht [60]. Die Lernkurve wurde als äußerst steil beschrieben. Detaillierte Informationen waren bisher nicht verfügbar. Barrington untersuchte die Lernkurve ultraschallgestützter Punktionen des Nervus ischiadicus an Kadavermodellen [61]. Für jeden Untersucher wurde eine eigene Lernkurve erstellt. Im Mittel wurden für unerfahrene Untersucher unter Supervision 28 Versuche zur Visualisierung der Punktionsnadelspitze benötigt. Auch Sites et al., die an einem Tiermodell die Lernkurve untersuchten, sind der Meinung, dass die Methode auch von unerfahrenen Anwendern schnell erlernt werden kann [62]. Grau und Mitarbeiter untersuchten den Einsatz von Ultraschall bei neuroaxialer Regionalanästhesie hinsichtlich Ausbildungsstand, Punktionsqualität und Erfolgsrate und wiesen auf das Problem der ständigen Assistenz in der Einarbeitungsphase neuer Techniken hin. In der Arbeit wird die ultraschallgestützte Punktion als ergänzendes Verfahren zur Verbesserung der Qualität empfohlen [63].

Im Vergleich zur Nervenstimulationsgruppe ist die Gesamtuntersuchungszeit verlängert, weil eine korrekte Reizantwort nicht immer auslösbar war. Die Nadelspitze wurde zum Test mehrfach korrigiert und dadurch verlängerte sich die Gesamtprozedurzeit. Entfällt die elektrische Stimulation, ist die ultraschallgestützte Punktion hinsichtlich Dauer und Erfolgsrate deutlich im Vorteil.

In vergleichbaren Arbeiten, die elektrische Nervenstimulation mit einer ultraschallgestützten Punktion verglichen, wurden ähnliche Ergebnisse publiziert [107,113,115,116].

## 4.2 Elektrische Stimulation und motorische Antwort

In der vorliegenden Untersuchung konnten bei 66,6 % der Patienten in der US-Gruppe auch bei 1 mA keine Reizantwort ausgelöst werden, obwohl die Nadel unter Ultraschallkontrolle zum Nerv geführt wurde.

16,6% der Patienten benötigten Stromstärken bis 0,5 mA/ ms und die gleiche Zahl Patienten Stromstärken über 0,5 mA/ ms, um eine korrekte Reizantwort zu erzeugen. In den letzten Jahren wird verstärkt über den korrekten Nadel-Nerv-Abstand diskutiert, der einen optimalen Erfolg der Blockade bei niedriger Komplikationsrate garantiert. Bisher galt eine Stromstärke von 0,3-0,5 mA und Impulsbreite von 0,1 ms bei der eine motorische Reaktion hervorgerufen wird als Garant einer erfolgreichen Blockade. Da aber mit niedriger Schwelle auch das Risiko versehentlicher Nervenschäden steigt, scheint das Postulat nicht mehr allgemein gültig. Vassiliou und Mitarbeiter stellten sich in einer erst kürzlich publizierten Arbeit die Frage, ob nicht auch mit höheren Stromstärken ein optimaler Blockadeerfolg erzielt wird [64]. Es wurden 205 Patienten zur Anlage einer axillären Plexusblockade untersucht mit dem Ergebnis, dass auch bei höheren Stromstärken von 0,9-1,0 mA eine gute Qualität erreichbar war. Es konnten keine Unterschiede in der Blockadequalität festgestellt werden mit reversiblen neurologischen Defiziten von 16% bei höherer und 18% bei niedriger Stromstärke. Die höhere Stromstärke kann möglicherweise neurologische Schäden vermeiden.

Habicher et al. stellten eine sehr hohe Variabilität von Stimulationsströmen bei sonografisch visualisierter Nähe der Nadel zum Nerven fest [65]. Die überwiegende Anzahl der Patienten zeigten eine motorische Antwort zwischen 0,5 und 1,0 mA ohne negativen Einfluss auf den Erfolg der Blockade. Die Beobachtungen sind vergleichbar mit den vorliegenden Ergebnissen. Eine unzureichende motorische Antwort führt nicht zwangsläufig zum Qualitätsverlust.

Dass die Reizweiterleitung bei sehr geringem Nadelabstand zum Nerv unterdrückt werden kann, fanden schon Bollini und Mitarbeiter [37]. Bei über der Hälfte der Patienten konnte nach ausgelöster motorischer Reaktion bei 0,5 mA und 0,1 ms und anschließender tieferer Nadelposition bis zum Auslösen von Parästhesien keine Reizantwort festgestellt werden. Nach Korrektur der Nadelposition (Zurückziehen) war eine motorische Antwort wieder auslösbar. Auch Birnbaum und Johnson beschreiben das Phänomen des sogenannten Propagationsblockes [66, 67].

### 4.3 Blockadequalität und Erfolgsrate

Die 100%ige Erfolgsrate in der ultraschallgestützten Punktion spricht, trotz verlängerter Prozedurdauer für die Methode und ist mit ähnlichen Studien vergleichbar [68].

Unterschiede im intraoperativen Opiatverbrauch konnten nicht festgestellt werden. Während zum Messzeitpunkt t5 zwischen beiden Gruppen hinsichtlich kompletter sensibler und motorischer Blockade in allen getesteten Segmenten keine signifikanten Unterschiede feststellbar waren, kommt es in fast allen getesteten Segmenten zu einem früheren Beginn von sensibler und motorischer Blockade in der US-Gruppe. Die sympathische Blockade ist in der US-Gruppe nach 10 min. voll ausgeprägt.

Um eine einheitliche und reproduzierbare Testung der motorischen Blockade durchzuführen, wurde in der vorliegenden Arbeit die Skala des British Medical Research Council (BMRC) verwendet [56]. In der Literatur werden unterschiedliche Möglichkeiten der Testung angegeben von grob orientierend [54, 59, 69] bis Überprüfung mehrerer Muskelgruppen [59].

In Anlehnung an die Literatur wurde zur Untersuchung des Sensibilitätsverlustes die Pinprick-Methode verwendet [58, 59]. Auf Testung der Toleranz von transkutaner Stimulation wurde verzichtet, um den negativen Einfluss auf Komfort auszuschließen [59]. Die Testung auf Kälte erfolgte nur orientierend.

Wie von Herrmanns et al. beschrieben, wurde die sympathische Blockade mittels Hauterwärmung im Vergleich zur kontralateralen Seite überprüft [70].

Die Anschlagzeit wird in der Literatur mit 5 bis 15 min für motorische Fasern und 5 bis 20 min für die sensorische Blockade angegeben [69, 71 - 73]. Einige Untersucher testeten die Ausbreitung für bis zu 30 min [51, 69, 74]. In einer Untersuchung wurde für 120 min diese Prüfung durchgeführt [75] mit teilweise kurzen Testintervallen [59].

Die Auswahl der hier verwendeten Messzeitpunkte orientierte sich anhand der technischen Durchführbarkeit. Zur Testung aller angegebenen Parameter erschien die Wahl von 5-Minuten Intervallen zweckmäßig.

Hinsichtlich Eintritt und Ausbildung der Blockade sind die Ergebnisse mit der Literatur vergleichbar. Zencirci fand bei einem Vergleich beider Methoden ebenfalls eine früher einsetzende sensible Blockade nach ultraschallgestützter Punktion [76].

In der vorliegenden Arbeit konnte eine signifikant verkürzte Blockadedauer in der US-Gruppe beobachtet werden. Dingemans et al. fanden gleiche Zeitintervalle [115]. Offen bleibt, bei 100%iger Erfolgsrate, die Ursache der signifikant verkürzten Blockadedauer in der US-Gruppe. Vergleichbare Daten waren in der Literatur nicht verfügbar.

#### **4.4 Nervenblockade vor Einleitung der Allgemeinanästhesie**

In der Literatur wird die Frage, ob die Regionalanästhesie vor Allgemeinanästhesie oder unter Anästhesie durchgeführt werden sollte kontrovers diskutiert. Die Durchführung von interskalenären Blockaden vor Einleitung einer Allgemeinanästhesie soll das Risiko potenzieller Nervenschäden minimieren [77]. In einer erst unlängst publizierten Arbeit von Kessler et al. konnten anhand verfügbarer Daten keine Unterschiede festgestellt werden. Lediglich in Einzelfällen wird über sistierende neurologische Schäden nach peripheren Nervenblockaden berichtet [78]. Der Nachweis, ob eine Anlage des ISB am wachen Patienten das Auftreten neurologischer Schäden verhindern kann, konnte nicht erbracht werden. Neuburger und Büttner empfehlen entsprechend den Leitlinien die periphere Regionalanästhesie unter Allgemeinanästhesie nur bei Kindern und unkooperativen Patienten, um mögliche Komplikationen zu minimieren [79]. In der vorliegenden Untersuchung wurde der ISB aus oben genannten Gründen und entsprechend dem Klinikstandard vor Anästhesieeinleitung durchgeführt

#### **4.5 Komplikationen**

Während in der Nervenstimulationsgruppe zwei venöse Fehlpunktionen beobachtet wurden, fanden sich in der Ultraschall-Gruppe eine höhere Zahl von Parästhesien bzw. Punktionsschmerzen. Fehlpunktionen traten nicht auf. Im Vergleich zur NS-Gruppe konnte ein vorübergehendes Horner-Syndrom in der US-Gruppe häufiger

beobachtet werden. Dauerhafte neurologische Schäden traten in beiden Gruppen nicht auf. Ein Horner-Syndrom wird aufgrund einer sekundären Blockade des Ganglion stellatum bei Interskalenären Blockaden relativ häufig beobachtet und ist als Nebenwirkung zu werten. Von einigen Autoren wurde das Horner-Syndrom sogar als Zeichen einer erfolgreichen Blockade angesehen [80]. Die Mitbeteiligung des Ganglion stellatum wird in der Literatur mit 12,5 bis 75% angegeben [79]. Auch Blockaden des N. phrenicus sind häufig und sollen in bis zu 100% der Fälle mehr oder weniger stark ausgeprägt auftreten. In der NS-Gruppe wurde ein postoperativer Singultus durch eine Nervenreizung beobachtet, der spontan am zweiten postoperativen Tag sistierte. Ähnliche Fälle sind aus der Literatur bekannt [81].

Hinsichtlich der Kreislaufparameter gab es keine Gruppenunterschiede. Die durchgängig Normo – bzw. leicht hypotonen Blutdruckwerte lassen sich möglicherweise durch sympathische Blockade [42] oder die Beach-Chair Lagerung [82, 83] erklären. Es kam zu keiner Zeit zu einem Blutdruckabfall, der zu einer verminderten Organperfusion geführt hätte.

Die Inzidenz von Komplikationen nach peripheren Nervenblockaden ist allgemein sehr niedrig [84]. In den meisten Fällen handelt es sich um einzelne Fallberichte über seltenen Komplikationen, von Atemstörungen und Pneumothorax bis hin zu epiduralen Fehlpunktionen, die nach ISB auftraten [85 - 89]. Die selten beobachtete Recurrensparese trat in beiden Gruppen jeweils einmal auf [5, 39].

In einer prospektiven Studie an mehr als 7000 Patienten konnten Barrington et al für punktionsbedingte Nervenschäden eine Inzidenz von 0,02% ermitteln [84]. Postoperative Nervenschäden sind meist operationsbedingt [89] und nicht durch Regionalanästhesie hervorgerufen [79]. Auch Siggum et al. , die perioperative Nervenschäden nach Schulteroperation untersuchten, konnten durch ISB keinen Anstieg von Komplikationen beobachten. Im Gegenteil, das postoperative Outcome konnte durch zusätzliche interskalenäre Plexusblockade sogar verbessert werden [90].

Beim Vergleich zweier Methoden, Ultraschall versus Nervenstimulation hinsichtlich punktionsbedingter Nervenschäden, wären unrealistische Patientenzahlen notwendig, um statistisch auswertbare Ergebnisse zu erzielen [91]. In keiner

vorliegenden Studie konnte ein Vorteil einer der beiden Methoden aufgezeigt werden. In den aktuellen Empfehlungen werden beide Methoden als gleichwertig eingestuft.

Ultraschallgestützte Punktion wird als ergänzendes Verfahren zur Nervenstimulation gesehen, um die Qualität der Blockaden zu verbessern. Durch Visualisierung anatomischer Strukturen können vor allem bei anatomischen Besonderheiten Komplikationen vermieden werden [74,75]. Während das Risiko von Fehlpunktionen durch Ultraschall gemindert wird, können versehentliche intraneurale Punktionen nicht verhindert werden [94, 95]. Gerade bei der interskalenären Blockade sind epineurale Strukturen mittels Ultraschall schwer zu identifizieren und Ursache unentdeckter subepineuraler Injektionen [91, 96]. Wadhwa et al. fanden in einer Literaturrecherche 5 randomisierte Studien, die bei ISB-Anlage eine ultraschallgestützte Punktion mit elektrischer Nervenstimulation verglichen [68]. Während in allen Studien die Visualisierung des Plexus sehr früh gelang, konnten keine Unterschiede in der Erfolgsrate festgestellt werden. Die Autoren warnen vor einer falschen Sicherheit durch Ultraschall, da eine Visualisierung der Nadelspitze nicht in jedem Fall gelingt. Liu et al. berichten von intraneuralen Injektionen, die bei 42% der über 250 untersuchten Patienten auftraten, aber ohne neurologische Folgeschäden waren [97]. Auch Cohen und Mitarbeiter sind der Meinung, dass ultraschallgestützte Punktion nicht das Risiko intraneuraler Injektionen verhindern kann [98].

Intoxikationen, die entweder durch direkte intravasale Injektion oder Resorption höherer Gewebedosen auftreten [79, 99, 100] konnten nicht beobachtet werden.

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Komplikationen, wie reversibles Horner-Syndrom und reversible Phrenicus – oder Recurrensparesen sind möglicherweise auf das injizierte hohe Volumen der Lokalanästhetika zurückzuführen. Auch könnten ungleichmäßige Verteilungen durch fibröse Septen in der Nervenloge, wie von Pippa et al beschrieben [101], verantwortlich sein. Eine Mitbeteiligung von Ganglion stellatum oder Nervus phrenicus könnte durch Reduktion des Injektionsvolumens erreicht werden. Kontrovers wird zurzeit die optimale Menge und Konzentration des Lokalanästhetikums diskutiert. Während von einigen Autoren reduzierte Volumina und Konzentrationsveränderungen zur Reduktion von

Komplikationen empfohlen werden [11, 101], konnten in anderen Untersuchungen kein Einfluss durch reduzierte Volumina festgestellt werden [71]. Bestätigt werden konnte, dass die Reduktion des Injektionsvolumens [102 - 104] und Veränderung der Konzentration des injizierten Lokalanästhetikums [105, 106] nicht den Blockadeerfolg beeinflusste.

#### **4.6 Schmerzintensität und Patientenzufriedenheit**

Um Schmerzintensität und Wohlbefinden zu charakterisieren wurden die Numerische Rating Skala (NRS) und die verbale Rating Skala (VRS) eingesetzt. Am Aufnahmetag beschrieben die Patienten ihren Zustand überwiegend als unangenehm. Die Schmerzintensität rangierte zwischen 0 und 10 in der NS-Gruppe und 2-10 in der US-Gruppe ohne signifikante Unterschiede. Der Leidensdruck war in beiden Gruppen vergleichbar. Trotz zusätzlicher Schmerzmedikation erscheint die postoperative Schmerzintensität mit 6-8 auf der NRS am ersten postoperativen Tag sehr hoch. Zwischen beiden Gruppen konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Am ersten postoperativen Tag lagen die mittleren Werte um 3 der NRS.

Die Schmerztherapie muss unmittelbar postoperativ, nach Abklingen der Nervenblockade als nicht ausreichend eingeschätzt werden. Zu überlegen ist, ob nicht eine Katheteranlage nach Operationen im Schulterbereich als kontinuierliches Schmerzausschaltungsverfahren einzusetzen ist. Trotz Schmerzen wurde aber das Befinden postoperativ allgemein besser eingeschätzt als am Aufnahmetag. Die Punktion an sich, wurde zu gleichen Teilen als angenehm und unangenehm empfunden. Retrospektiv befragt, fanden mehr Patienten in der US-Gruppe das Verfahren als angenehm.

In einer Untersuchung fanden Fredrickson und Mitarbeiter eine weniger schmerzhaftere Prozedur unter ultraschallgestützter Katheteranlage [107]. Da in der vorliegenden Arbeit eine Kombination aus ultraschallgestützter Punktion und Nervenstimulation erfolgte, sind auch keine Unterschiede zu erwarten. Auch Salem et al. fanden im Vergleich zwischen beiden Methoden keine Unterschiede in der Patientenzufriedenheit [34]. Retrospektiv wurde die Punktion vom Patienten hinsichtlich der Schmerzen höher bewertet als zum Zeitpunkt der Punktion selbst. Möglicherweise spielte zum Zeitpunkt der Punktion der Einfluss der Prämedikation eine Rolle.

Jeweils ein Patient in jeder Gruppe lehnte eine wiederholte Punktion wegen Schmerzen bzw. unangenehmer Fehlempfindung der anästhesierten Extremität, wie schon von Gentili [74] beschrieben, ab.

## **4.7 Methodenkritik**

### **4.7.1 Auswahl der Untersucher**

In der vorliegenden Untersuchung wurden die ultraschallgestützten Punktionen von nur zwei mit der Methode unerfahrenen Kollegen durchgeführt. In einer folgenden Arbeit sollen die hier erzielten Ergebnisse an einer größeren Zahl von Patienten und teilnehmenden Kollegen überprüft werden.

### **4.7.2 Technik, Geräte und Lokalanästhetika**

In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Visualisierung der Nadel in der Ultraschallgestützten Punktion mittels „out of plane“ Technik. Während Sites die „in-plane“ Methode favorisierte, nutzten auch Davis und Mitarbeiter die „out of plane“ Technik [16, 62]. Bisher gibt es keine Daten, in der einer der beiden Techniken der Vorzug gegeben werden könnte. Clemmesen und Mitarbeiter, die die dynamische Positionierung der Nadelspitze bei ultraschallgestützter Punktion von Gefäßen durch unerfahrene Anwender untersuchten, fanden eine höhere Erfolgsquote bei der „out of plane“ Technik. Vermutlich sind beide Methoden gleichwertig, aber abhängig vom Klinikstandard [108].

Mit den hier verwendeten Ultraschallsonden ließen sich hochauflösende Darstellungen der Strukturen mit guter Qualität erzielen, die vergleichbar mit den Untersuchungen von Perlas waren [109]. Mittlerweile sind Sonden bis 18 MHz verfügbar, die noch bessere Bilder liefern, aber auch einen höheren technischen Aufwand bedeuten. Die in der vorliegenden Untersuchung verwendete Stimulationsnadel war durchaus geeignet eine ausreichende Darstellung zu erreichen. Verwendung von reflektierenden Nadeln könnten die Darstellungsqualität erhöhen [79].

Die Kombination von Prilocain und Ropivacain wurden gewählt, um den Nutzen aus kurzer Anschlagzeit von Prilocain und verlängerter Halbwertszeit von Ropivacain zu



ziehen [73, 106, 110, 111]. Die Volumina wurden in Anlehnung der Literatur entsprechend dem Klinikstandard gewählt [101,112].

#### **4.7.3 Kombination von ultraschallgestützter Punktion mit elektrischer Nervenstimulation**

In der Praxis erfolgte die ISB-Anlage vorzugsweise mittels elektrischer Nervenstimulation und gilt als Methode der Wahl. Die Zahl ultraschallgestützter Punktionen allein oder in Kombination mit Nervenstimulation findet zunehmend Eingang in die klinische Praxis.

Valdes-Vilches et al. stellten sich die Frage, ob eine ultraschallgestützte Punktion in Kombination mit einer Nervenstimulation nützlich ist [113]. Dabei folgerten sie nach Auswertung verschiedener Untersuchungen, dass die Kombination zwar keine Vorteile hinsichtlich Blockadequalität, Komplikationen und Patientenzufriedenheit bietet, aber eine zusätzliche Sicherheit, um intraneurale Injektionen zu vermeiden. In der vorliegenden Arbeit wurde die Kombination beider Verfahren gewählt, um den Nutzen aus anatomischer Information mittels Ultraschall und funktioneller Information mittels elektrischer Stimulation zu kombinieren und damit die Blockadequalität zu verbessern bzw. die Gefahr intraneuraler Injektionen zu minimieren.

Die Diskussion, ob bei ultraschallgestützter Punktion auf eine zusätzliche Nervenstimulation verzichtet werden kann, bleibt weiter controvers. Liu et al. fanden in einer Untersuchung an über 250 Patienten, entgegen früheren Annahmen, dass unbeabsichtigte intraneurale Injektionen auch bei erfahrenen Anwendern durch ultraschallgestützte Punktion nicht zu verhindern sind. In entsprechenden Empfehlungen und Leitlinien werden Nadeltraumen oder intraneurale Injektionen als potenzielle Risikofaktoren für postoperative neurologische Schäden angesehen. Schon in zurückliegenden Untersuchungen, konnte kein Zusammenhang zwischen Parästhesien oder Injektionsschmerzen und postoperativen Nervenschäden nachgewiesen werden. Auch Faryniaz et al. fanden nach in Parästhesietechnik vorgenommenen interskalenären Blockaden keine bleibenden neurologischen Defizite [114]. Barrington et al. konnten in einer prospektiv angelegten Studie von

über 7000 ultraschall- oder nervenstimulatorgestützten Punktionen in nur 3 Fällen ein passageres sensorisches Defizit nachweisen [61].

Ob die Sicherheit durch Kombination beider Verfahren erhöht werden kann bleibt weiter offen, da die Inzidenz neurologischer Defizite nach peripherer Regionalanästhesie allgemein sehr niedrig ist. Während Dingemans und Gürkan den Einsatz einer routinemäßigen zusätzlichen Nervenstimulation nicht empfehlen, kann die Kombination bei unerfahrenen Anwendern zur exakten Lokalisation der Nadelposition vorteilhaft sein [115, 116].

## **5 Schlussfolgerung und Ausblick**

Die Anwendung von Ultraschall zur Darstellung anatomischer Strukturen bei interskalenären Blockaden gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die vorliegende Arbeit belegt, dass die Methode auch von ungeübten Anwendern bereits nach einer geringen Anzahl von Patienten sicher erlernt werden kann. Die optische Nadelführung und sichere Identifizierung der Nadelspitze kann zur Verringerung von Fehlpunktionen beitragen. Da die meisten Studien eher prozessorientiert sind, schneiden ultraschallgestützte Punktionen hinsichtlich Prozedurdauer und Blockadebeginn besser ab. Die Visualisierung anatomischer Strukturen und der Nadelposition durch ultraschallgestützte Verfahren kann den Patientenkomfort verbessern und ermöglicht eine Reduktion des Lokalanästhetikavolumens, um Nebenwirkungen, wie Horner-Syndrom, Recurrens- oder Phrenicusparesen zu reduzieren. Obwohl die Kombination aus Ultraschall und elektrischer Nervenstimulation überwiegend befürwortet wird, könnte in Zukunft durch verbesserte Ultraschalltechnik mit eindeutiger Visualisierung der Nadelspitze die elektrische Stimulation entbehrlich sein.

## 6 Zusammenfassung

Da ultraschallgestützte Punktionen bei der Anlage des ISB vermehrt Eingang in die klinische Praxis finden, sollte mit der vorliegenden Arbeit untersucht werden, ob die ultraschallgestützte Punktion von ungeübten Anwendern ohne ständige Supervision erlernbar ist. Hierzu wurden zwei Gruppen mit jeweils  $n = 30$  Patienten gegenübergestellt. In der ersten Gruppe wurden erfahrene Anwender der Nervenstimulationsmethode eingesetzt. Die zweite Gruppe wurde von ungeübten Anwendern mit Ultraschallunterstützung punktiert. Supervisoren oder erfahrene Anwender standen nicht zur Verfügung.

Verglichen wurden die Lernkurven, die Zeit für die Anlage der Blockade, die Erfolgsraten, der Patientenkomfort, die Schmerzempfindung, die Dauer der Nervenblockaden, die Komplikationsraten, die Ausbreitung und Ausbreitungsgeschwindigkeit der Blockaden, Kreislaufparameter, sowie das Stimulationsverhalten zwischen beiden Gruppen.

Es konnte gezeigt werden, dass die Anwendung von ultraschallgestützter Punktion durch ungeübte Anwender schnell erlernbar ist und hinsichtlich Prozessorientierung Vorteile bietet. Der in der vorliegenden Arbeit verlängerten Gesamtprozedurzeiten in der US-Gruppe entstehen durch die zusätzliche Nervenstimulation. Die Erfolgsraten beider Gruppen sind ähnlich hoch. Die Punktion war in beiden Gruppen bezüglich der Schmerzstärke und Patientenkomfort nicht signifikant unterschiedlich, aber tendierte hinsichtlich Komfort zur ultraschallgestützten Punktion. Die Wirkdauer der Nervenblockade zeigte eine Verkürzung in der Ultraschallgruppe. Bei den Komplikationen zeigt sich, dass mit der Anwendung von Ultraschall Gefäßpunktionen vermieden werden können. Parästhesien oder Schmerzen durch Nadel-Nerv-Kontakt werden nicht verhindert. Der Blockadeeintritt zeigt sich in der US-Gruppe früher bei gleicher Blockadequalität. Bei der ultraschallgestützten Punktion werden höhere Stromstärken benötigt, um eine motorische Antwort auszulösen. Ob die Sicherheit durch Kombination beider Verfahren erhöht werden kann oder eine alleinige ultraschallgestützte Punktion ausreichend ist, bleibt weiter offen, da die Inzidenz neurologischer Defizite nach peripherer Regionalanästhesie allgemein sehr niedrig ist.

## Literaturverzeichnis

- 1 Schmidt K, Miehke RK: Arthroskopische Synovektomie im Schulter- und Ellenbogengelenk. *Oper Orthop Traumatol.* 4, 3. 112-129 (1992)
- 2 Baums M, Klinger HM, Otte S: Massive Flüssigkeitsinkorporation nach Arthroskopie des Kniegelenks. Metaanalyse und Fallbericht. *Arthroscopy.* 15, 3. 149-152 (2002)
- 3 Mendel T, Wohlrab D, Hofmann GO: Akutes Kompartmentsyndrom des Unterschenkels nach Kniegelenkarthroskopie. *Orthopade.* 40, 10: 925-928 (2011)
- 4 Chelly JE, Greger J, Al Samsam T, Gebhard R, Masson M, Matuszczak M, Sciard D: Reduction of operating and recovery room times and overnight hospital stays with interscalene blocks as sole anesthetic technique for rotator cuff surgery. *Minerva Anesthesiol.* 67, 9. 613–619 (2001)
- 5 Brandl F, Taeger K: The combination of general anesthesia and interscalene block in shoulder surgery. *Anaesthesist.* 40, 10. 537–542 (1991)
- 6 Winnie AP: Interscalene brachial plexus block *Anesth. Analg.* 49, 3. 455–466 (1970)
- 7 Winnie, AP: Plexus anesthesia, Vol. 1. pp 167-188. Churchill Livingstone. Edinburgh (1984)
- 8 Meier G, Bauereis C, Maurer H, Meier T: Interscalene plexus block. Anatomic requirements-anesthesiologic and operative aspects. *Anaesthesist.* 50, 5. 333–341 (2001)
- 9 Kato J: Ultrasound-guided nerve block: brachial plexus block. *Masui.* 57, 5. 564–574 (2008)
- 10 Silverstein WB, Saiyed MU, Brown AR: Interscalene block with a nerve stimulator. A deltoid motor response is a satisfactory endpoint for successful block. *Reg Anesth Pain Med.* 25, 4. 356–359 (2000)
- 11 Riazi S, Carmichael N, Awad I, Holtby RM, McCartney CJ: Effect of local anaesthetic volume (20 vs 5 ml) on the efficacy and respiratory consequences of ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Br J Anaesth.* 101, 4. 549–556 (2008)
- 12 Borgeat A, Dullenkopf A, Ekatodramis G, Nagy L: Evaluation of the lateral modified approach for continuous interscalene block after shoulder surgery. *Anesthesiology.* 99, 2. 436–442 (2003)

- 13 Goebel S, Stehle J, Schwemmer U, Reppenhagen S, Rath B, Gohlke F: Interscalene brachial plexus block for open-shoulder surgery: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial between single-shot anesthesia and patient-controlled catheter system. *Arch Orthop Trauma Surg.* 130, 4. 533–540 (2010)
- 14 Schwemmer U, Papenfuss T, Greim C, Brederlau J, Roewer N: Ultrasound-guided interscalene brachial plexus anaesthesia: differences in success between patients of normal and excessive weight. *Ultraschall Med.* 27, 3. 245–250 (2006)
- 15 Bruce BG, Green A, Blaine TA, Wesner LV: Brachial plexus blocks for upper extremity. *Orthopaedic surgery J Am Acad Orthop Surg.* 20, 1. 38–47 (2012)
- 16 Davis JJ, Swenson JD, Greis PE, Burks RT, Tashjian RZ: Interscalene block for postoperative analgesia using only ultrasound guidance: the outcome in 200 patients. *J Clin Anesth.* 21, 4. 272–277 (2009)
- 17 Büttner J, Meier G: Regionalanästhesie-Zugangswege zum Plexus brachialis. *AINS.* 41, 7-8. 491–497 (2006)
- 18 Trompeter A, Camilleri G, Narang K, Hauf W, Venn R: Analgesia requirements after interscalene block for shoulder arthroscopy: the 5 days following surgery. *Arch Orthop Trauma Surg.* 130, 3. 417–421 (2010)
- 19 Ganesh A, Wells L, Ganley T, Maxwell LG, Cucchiaro G: Interscalene brachial plexus block for post-operative analgesia following shoulder arthroscopy in children and adolescents. *Acta Anaesthesiol Scand.* 52, 1. 162–163 (2008)
- 20 Bartholdy J, Holm-Knudsen RJ: Brachial plexus blockade via the interscalene port-for regional anesthesia/ analgesia of upper extremities; use, application and risks. *Ugeskr. Laeg.* 156, 39. 5676–5679 (1994)
- 21 Tetzlaff JE, Yoon HJ, Brems J: Interscalene brachial plexus block for shoulder surgery. *Regional anesthesia.* 19, 5. 339–343 (1994)
- 22 Tetzlaff JE, Yoon HJ, Brems J: Patient acceptance of interscalene block for shoulder surgery. *Regional anesthesia.* 18, 1. 30–33 (1993)
- 23 Borgeat A, Ekatodramis G: Anaesthesia for shoulder surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol.* 16, 2. 211–225 (2002)
- 24 Diklić ID, Ganić ZD, Blagojević ZB: Treatment of resistant frozen shoulder by manipulation under anesthesia, intermittent interscalene blocks and protocol of kinesitherapy (Banjica). *Acta Chir Iugosl.* 53, 4. 69–72 (2006)

- 25 Gonano C, Kettner SC, Ernstbrunner M, Schebesta K, Chiari A, Marhofer P: Comparison of economical aspects of interscalene brachial plexus blockade and general anaesthesia for arthroscopic shoulder surgery. *Br J Anaesth.* 103, 3. 428–433 (2009)
- 26 Gros T, Delire V, Dareau S, Sebbane M, Eledjam JJ: Interscalene brachial plexus block in prehospital medicine. *Ann Fr Anesth Reanim.* 27, 10. 859–860 (2008)
- 27 Conroy PH, Awad IT: Ultrasound-guided blocks for shoulder surgery. *Curr Opin Anaesthesiol.* 24, 6. 638–643 (2011)
- 28 Perlas A, Chan VW, Simons M: Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. *Anesthesiology.* 99, 2. 429–435 (2003)
- 29 Gaus P, Heb B, Tanyay Z, Müller-Breitenlohner H: Epidural malpositioning of an interscalene plexus catheter. *Anaesthesist.* 60, 9. 850–853 (2011)
- 30 Sia S, Bartoli M, Lepri A, Marchini O, Ponsecchi P: Multiple-injection axillary brachial plexus block: A comparison of two methods of nerve localization-nerve stimulation versus paresthesia. *Anesth Analg.* 91, 3. 647-51 (2000)
- 31 Kiefer RT: Eliciting paresthesias for peripheral nerve block: a harmful clinical standard? *Anesth Analg.* 92, 3. 795-6 (2001)
- 32 Muhly WT, Orebaugh SL: Sonoanatomy of the vasculature at the supraclavicular and interscalene regions relevant for brachial plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand.* 55, 10. 1247–1253 (2011)
- 33 Chan VW: Applying ultrasound imaging to interscalene brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med.* 28, 4. 340–343 (2003)
- 34 Salem MH, Winckelmann J, Geiger P, Mehrkens H, Salem KH: Electrostimulation with or without ultrasound-guidance in interscalene brachial plexus block for shoulder surgery. *J Anesth.* 26, 4. 610-613 (2012)
- 35 Thomas LC, Graham SK, Osteen KD, Porter HS, Nossaman BD: Comparison of ultrasound and nerve stimulation techniques for interscalene brachial plexus block for shoulder surgery in a residency training environment. *Ochsner J.* 11, 3. 246–252 (2011)
- 36 Tran QH de, Clemente A, Doan J, Finlayson RJ: Brachial plexus blocks: a review of approaches and techniques. *Can J Anaesth.* 54, 8. 662–674 (2007)
- 37 Bollini CA, Urmey WF, Vascello L, Cacheiro F: Relationship between evoked motor response and sensory paresthesia in interscalene brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med.* 28, 5. 384–388 (2003)

- 38 Lee JH, Cho SH, Kim SH, Chae WS, Jin HC, Lee JS, Kim YI: Ropivacaine for ultrasound-guided interscalene block: 5 mL provides similar analgesia but less phrenic nerve paralysis than 10 mL. *Can J Anaesth.* 58, 11. 1001-6 (2011)
- 39 Plit ML, Chhajed PN, Macdonald P, Cole IE, Harrison GA: Bilateral vocal cord palsy following interscalene brachial plexus nerve block. *Anaesth Intensive Care.* 30, 4. 499–501 (2002)
- 40 Verma AK, Sah MK, Agarwal A, Singh C: Total spinal anaesthesia with "Interscalene brachial plexus block by Winnie approach". *Indian J Anaesth.* 57, 2. 199-201 (2013)
- 41 Yanovski B, Gaitini L, Volodarski D, Ben-David B: Catastrophic complication of an interscalene catheter for continuous peripheral nerve block analgesia. *Anaesthesia.* 67, 10. 1166-9 (2012)
- 42 Song SY, Roh WS: Hypotensive bradycardic events during shoulder arthroscopic surgery under interscalene brachial plexus blocks. *Korean J Anesthesiol.* 62, 3. 209–219 (2012)
- 43 International Committee for Harmonization: E6(R1): Good Clinical Practice: Consolidated Guideline. *FDA Federal Register.* 62, 90. 25691-25709 (1997)
- 44 Taupitz, J: Die Neufassung der Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes vom Oktober 2000. *MedR.* 19, 6. 277-286 (2001)
- 45 Schulz KF, Altman DG, Moher D; CONSORT Group: CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ.* 340:c332. (2010)
- 46 Silverstein WB, Saiyed MU, Brown AR: Interscalene block with a nerve stimulator. *Reg Anesth Pain Med.* 25, 4. 356–359 (2000)
- 47 Mäcken T, Litz RJ: Kurzsachsen-Punktionstechnik (out-of-plane-technique). USRA Medical Education [USRA.de.http://www.usra.de/punktionstechniken/Kurzsachsen-Punktionstechnik \(out-of-plane-technique\).](http://www.usra.de/punktionstechniken/Kurzsachsen-Punktionstechnik%20(out-of-plane-technique).) Verfasst am 15. April 2009.
- 48 Thomas BC: Reaching the target - needling techniques (Der Weg zum Ziel – Techniken zur Nadelführung). III. USRA-Symposium. Universität Potsdam Campus Griebnitzsee. Freitag 11.03.2011., 09:20 Uhr (2011)
- 49 Mäcken T, Litz RJ: Kurzsachsen-Punktionstechnik (out-of-plane-technique). USRA Medical Education [USRA.de.http://www.usra.de/punktionstechniken/Nadel-Lokalisation.](http://www.usra.de/punktionstechniken/Nadel-Lokalisation.) Verfasst am 30. April 2010.
- 50 Rivas FE, Sala-Blanch X, Bargalló X, Sadurní M, Puente A, De Andrés J: Ultrasound-guided posterior approach to block the sciatic nerve at the popliteal fossa. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 51, 10. 604-607. (2004)
- 51 Plante T, Rontes O, Bloc S, Delbos A: Spread of local anesthetic during an



- ultrasound-guided interscalene block: does the injection site influence diffusion? *Acta Anaesthesiol Scand.* 55, 6. 664–669 (2011)
- 52 Apfel CC, Läärä E, Koivuranta M, Greim CA, Roewer N: A simplified risk score for predicting postoperative nausea and vomiting: conclusions from cross-validations between two centers. *Anesthesiology.* 91, 3. 693-700 (1999)
- 53 Clemens E, Faust M, Jaspers B: Pain therapy with opioids following WHO treatment guidelines. *MMW Fortschr Med.* 153, 24-25. 52-55 (2011)
- 54 Birnbaum J, Kip M, Spies CD, Hein OV, Labs K, Moeckel G, Volk T: The effect of stimulating versus nonstimulating catheters for continuous interscalene plexus blocks in short-term pain management. *J Clin Anesth.* 19, 6. 434–439 (2007)
- 55 Ploeg van der, RJO, Oosterhuis HJGH, Reuvekamp J: Measuring muscle strength. *J Neurol.* 231, 4. 200-203 (1984)
- 56 Paternostro-Sluga T, Grim-Stieger M, Posch M, Schuhfried O, Vacariu G, Mittermaier C, Bittner C, Fialka-Moser V: Reliability and Validity of the Medical Research Council (MRC) Scale and a Modified Scale for Testing Muscle Strength in Patients with Radial Palsy. *J Rehabil Med.* 40, 8. 665-71 (2008)
- 57 Gleixner C, Müller M, Wirth S. et al: *Neurologie und Psychiatrie.* pp 6-7. Medizinische Verlags- und Informationsdienste. Breisach. (2004/ 05).
- 58 Moharari R, Sadeghi J, Khajavi M, Davari M, Mojtahedzadeh M: Fentanyl supplement expedites the onset time of sensory and motor blocking in interscalene lidocaine anesthesia. *Daru.* 18, 4. 298–302 (2010)
- 59 Langen KE, Candido KD, King M, Marra G, Winnie AP: The effect of motor activity on the onset and progression of brachial plexus block with bupivacaine: a randomized prospective study in patients undergoing arthroscopic shoulder surgery. *Anesth Analg.* 106, 2. 659-63 (2008)
- 60 Kefalianski F, Spohner F: Ultraschallgestützte Blockade des axillären Plexus brachialis in der Handchirurgie. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 37. 344 (2005)
- 61 Barrington MJ, Wong DM, Slater B, Ivanusic JJ, Ovens M: Ultrasound-guided regional anesthesia: How much practice do novices require before achieving competency in ultrasound needle visualization using a cadaver model. *Reg Anesth Pain Med.* 37. 334 (2012)
- 62 Sites BD, Gallagher JD, Cravero J, Lundberg J, Blike G: The learning curve associated with a stimulated ultrasound-guided interventional task by inexperienced anesthesia residents. *Reg Anesth Pain Med.* 29. 544 (2004)
- 63 Grau T, Conradi R, Martin E, Motsch J: Ultraschall und

- Regionalanästhesie. *Anaesthesist*. 52. 68 (2003)
- 64 Vassiliou T, Müller HH, Ellert A et al: High-versus low stimulation current threshold for axillary plexus blocks: A prospective randomized triple-blinded noninferiority trial in 205 patients. *Anesth Analg*. 116. 247 (2013)
  - 65 Habicher M, Ocken M, Birnbaum J, Volk T: Elektrische Nervenstimulation bei peripheren Nervenblockaden. *Anaesthesist*. 58. 986 (2009)
  - 66 Birnbaum J, Klotz E, Bogusch G, Volk T: Elektrische Nervenstimulation für Plexus- und Nervenblockaden. *Anaesthesist*. 56. 1155 (2007)
  - 67 Johnson CR, Barr RC, Klein SM: A computer model of electrical stimulation of peripheral nerves in regional anesthesia. *Anesthesiology*. 106. 323 (2007)
  - 68 Wadhwa A, Kandadai SK, tongpresert S, Obal D, Gebhard RE: Ultrasound guidance for deep peripheral nerve blocks: a brief review. *Anesth Res Practice*. Article ID 262070 (2011)
  - 69 Gautier P, Vandepitte C, Ramquet C, DeCoopman M, Xu D, Hadzic A: The minimum effective anesthetic volume of 0.75% ropivacaine in ultrasound-guided interscalene brachial plexus block. *Anesth. Analg*. 113, 4. 951–955 (2011)
  - 70 Hermanns H, Braun S, Werdehausen R, Werner A, Lipfert P, Stevens MF: Skin temperature after interscalene brachial plexus blockade. *Reg Anesth Pain Med*. 32, 6. 481–487 (2007)
  - 71 Sinha SK, Abrams JH, Barnett JT, Muller JG, Lahiri B, Bernstein BA, Weller RS: Decreasing the local anesthetic volume from 20 to 10 mL for ultrasound-guided interscalene block at the cricoid level does not reduce the incidence of hemidiaphragmatic paresis. *Reg Anesth Pain Med*. 36, 1. 17–20 (2011)
  - 72 Sinha SK, Abrams JH, Weller RS: Ultrasound-guided interscalene needle placement produces successful anesthesia regardless of motor stimulation above or below 0.5 mA. *Anesth. Analg*. 105, 3. 848–852 (2007)
  - 73 Casati A, Borghi B, Fanelli G, Montone N, Rotini R, Fraschini G, Vinciguerra F, Torri G, Chelly J: Interscalene brachial plexus anesthesia and analgesia for open shoulder surgery: a randomized, double-blinded comparison between levobupivacaine and ropivacaine. *Anesth. Analg*. 96, 1. 253–259 (2003)
  - 74 Gentili ME, Verton C, Kinirons B, Bonnet F: Clinical perception of phantom limb sensation in patients with brachial plexus block. *Eur J Anaesthesiol*. 19, 2. 105–108 (2002)
  - 75 Krone SC, Chan VW, Regan J, Peng P, Poate EM, McCartney C, Miniaci A: Analgesic effects of low-dose ropivacaine for interscalene brachial plexus block for outpatient shoulder surgery-a dose-finding study.

- Reg Anesth Pain Med. 26, 5. 439–443 (2001)
- 76 Zencirci B: Comparison of nerve stimulator and ultrasonography as the techniques applied for brachial plexus anesthesia. Intern Arch Med. 4. 4 (2011)
  - 77 Misamore G, Webb B, McMurray S, Sallay P: A prospective analysis of interscalene brachial plexus blocks performed under general anesthesia. J Shoulder Elbow Surg. 20, 2. 308–314 (2011)
  - 78 Kessler P: Intraneurale Injektion von Lokalanästhetika. Anaesthesist. 62. 169 (2013)
  - 79 Neuburger M, Büttner J: Komplikationen bei peripherer Regionalanästhesie. Anaesthesist. 60. 1014 (2011)
  - 80 Das M, Das J: Stellate Ganglion Blocks With Low Volume Bupivacaine And Fentanyl In Complex Regional Pain Syndrome I: Our Experience In A Peripheral Healthcare Setup. The Internet Journal of Anesthesiology. 19. 2 (2009)
  - 81 Homer, JR, Davies JM, Amundsen LB: Persistent hiccups after attempted interscalene brachial plexus block. Reg Anesth Pain Med. 30, 6. 574–576 (2005)
  - 82 Ozzeybek D, Oztekin S, Mavioglu O, Karaege G, Ozkardesler S, Ozkan, M, Canyilmaz M, Elar Z: Comparison of the haemodynamic effects of interscalene block combined with general anaesthesia and interscalene block alone for shoulder surgery. J Int Med Res. 31, 5. 428–433 (2003)
  - 83 Kapral P, Marhofer P: Ultraschall in der Regionalanästhesie. Anaesthesist. 51. 1006 (2002)
  - 84 Barrington MJ et al: Preliminary results of the Australasien Regional Anesthesia Collaboration: a prospective audit of more than 7000 peripheral nerve and plexus blocks for neurologic and other complications. Reg Anesth Pain Med. 34. 534 (2009)
  - 85 Pere P, Pitkänen M, Rosenberg PH, Björkenheim JM, Linden H, Salorinne Y, Tuominen M: Effect of continuous interscalene brachial plexus block on diaphragm motion and on ventilatory function. Acta Anaesthesiol Scand. 36, 1. 53–57 (1992)
  - 86 Yang CW, Jung SM, Cho CK, Kwon HU, Kang PS, Lim YS, Oh JY, Yi JW: Pleural effusion and atelectasis during continuous interscalene brachial plexus block -A case report-. Korean J Anesthesiol. 58, 1. 95–98 (2010)
  - 87 Sardesai AM, Chakrabarti AJ, Denny NM: Lower lobe collapse during continuous interscalene brachial plexus local anesthesia at home. Reg Anesth Pain Med. 29, 1. 65–68 (2004)

- 88 Tobias JD, Del Campo L, Kenter K, Groeper K, Gray B, Edwards J: Changes in transcutaneous carbon dioxide, oxygen saturation, and respiratory rate after interscalene block. *South Med J.* 97, 1. 21–24 (2004)
- 89 Boardman ND, Cofield RH: Neurologic complications of shoulder surgery. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 368. 44–53 (1999)
- 90 Sviggum HP, Jacob AK, Mantilla CB, Schroeder DR, Sperling JW, Hebl JR: Perioperative nerve injury after total shoulder arthroplasty: Assessment of risk after regional anesthesia. *Reg Anesth Pain Med.* 37. 90 (2012)
- 91 Gorsewski G, Dinse-Lambracht A, Tugtekin I, Gauss A: Ultraschallgestützte periphere Regionalanästhesie. *Anaesthesit.* 61. 711 (2012)
- 92 Abrahams MS, Panzer O, Atchabahian A, Horn JL, Brown AR: Case report. Limitation of local anesthetic spread during ultrasound-guided interscalene block. Description of an anatomic variant with clinical correlation. *Reg Anesth Pain Med.* 33, 4. 357–359 (2008)
- 93 Gutton C, Choquet O, Antonini F, Grossi P: Ultrasound-guided interscalene block: Influence of anatomic variations in clinical practice. *Ann Fr Anesth Reanim.* 29, 11. 770–775 (2010)
- 94 Horlocker TT, Wedel DJ: Ultrasound-guided regional anesthesia: In search of the holy grail. *Anesth Analg.* 105. 1009 (2007)
- 95 White JL: Ultrasound versus nerve stimulator: what's missing and is it really important? *J clin Anesth.* 24. 164 (2012)
- 96 Orebaugh SL, McFadden K, Skorupan H, Bigeleisen PE: Subepineurial injection in ultrasound-guided interscalene needle tip placement. *Reg Anesth Pain Med.* 35. 450 (2010)
- 97 Liu SS, YaDeau JT, Shaw PM, Wilfred S, Shetty T, Gordon M: Incidence of unintentional intraneural injection and postoperative neurological complications with ultrasound-guided interscalene and supraclavicular nerve blocks. *Anaesthesia.* 66, 3. 168–174 (2011)
- 98 Cohen JM, Gray AT: Functional deficits after intraneural injection during interscalene block. *Reg Anesth Pain Med.* 35, 4. 397–399 (2010)
- 99 Funk W, Angerer M, Sauer K, Altmeppen J: Brachial plexus. Long lasting neurological deficit following interscalene blockade of the brachial plexus. *Anaesthesist.* 49, 7. 625–628 (2000)
- 100 Crews JC, Rothman TE: Seizure after levobupivacaine for interscalene brachial plexus block. *Anesth Analg.* 96, 4. 1188-90 (2003)
- 101 Pippa P, Cuomo P, Panchetti A, Scarchini M, Poggi G, D'Arienzo M: High volume and low concentration of anaesthetic solution in the perivascular interscalene sheath determines quality of block and incidence of

- complications. *Eur J Anaesthesiol.* 23, 10. 855–860 (2006)
- 102 Barak M, Iaroshevski D, Poppa E, Ben-Nun A, Katz Y: Low-volume interscalene brachial plexus block for post-thoracotomy shoulder pain. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 21, 4. 554–557 (2007)
  - 103 Renes SH, van Geffen GJ, Rettig HC, Gielen MJ, Scheffer GJ: Minimum effective volume of local anesthetic for shoulder analgesia by ultrasound-guided block at root C7 with assessment of pulmonary function. *Reg Anesth Pain Med.* 35, 6. 529–534 (2010)
  - 104 Al-Kaisy A, McGuire G, Chan VW, Bruin G, Peng P, Miniaci A, Perlas A: Analgesic effect of interscalene block using low-dose bupivacaine for outpatient arthroscopic shoulder surgery. *Regional anesthesia and pain medicine.* 23, 5. 469–473 (1998)
  - 105 Contreras-Domínguez V, Carbonell-Bellolio P: Continuous interscalene block for analgesia following shoulder rotator cuff repair: evaluation of 2 bupivacaine concentrations applied with the same infusion technique. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 55, 10. 610–615 (2008)
  - 106 Casati A, Fanelli G, Aldegheri G, Berti M, Colnaghi E, Cedrati V, Torri G: Interscalene brachial plexus anaesthesia with 0.5%, 0.75% or 1% ropivacaine: a double-blind comparison with 2% mepivacaine. *Br J Anaesth.* 83, 6. 872–875 (1999)
  - 107 Fredrickson MJ, Ball CM, Dalglish AJ: A prospective randomized comparison of ultrasound guidance versus neurostimulation for interscalene catheter placement. *Reg Anesth Pain Med.* 34, 6. 590–594 (2009)
  - 108 Clemmesen L, Knudsen L, Sloth E, Bendtsen T: Dynamic needle tip positioning - ultrasound guidance for peripheral vascular access. A randomized, controlled and blinded study in phantoms performed by ultrasound novices. *Ultraschall Med.* 33 (7). E321-5 (2012)
  - 109 Perlas A, Chan VW, Simons M: Brachial plexus examination and localization using ultrasound and electrical stimulation: a volunteer study. *Anesthesiology.* 99, 2. 429–435 (2003)
  - 110 Gadsden J, Hadzic A, Gandhi K, Shariat A, Xu D, Maliakal T, Patel V: The effect of mixing 1.5% mepivacaine and 0.5% bupivacaine on duration of analgesia and latency of block onset in ultrasound-guided interscalene block. *Anesth. Analg.* 112, 2. 471–476 (2011)
  - 111 Casati A, Fanelli G, Cappelleri G, Beccaria P, Magistris L, Borghi B, Torri G: A clinical comparison of ropivacaine 0.75%, ropivacaine 1% or bupivacaine 0.5% for interscalene brachial plexus anaesthesia.

- Eur J Anaesthesiol. 16, 11. 784–789 (1999)
- 112 Eroglu A, Uzunlar H, Sener M, Akinturk Y, Erciyes N: A clinical comparison of equal concentration and volume of ropivacaine and bupivacaine for interscalene brachial plexus anesthesia and analgesia in shoulder surgery. *Reg Anesth Pain Med.* 29, 6. 539–543 (2004)
- 113 Valdés-Vilches LF, Sánchez-del Águila MJ, Llácer-Pérez M, Martos-Fernández de Cordoba FJ, Alonso-Atienza P: Can ultrasound-guided regional anesthesia be improved with the combined use of nerve stimulation techniques? *Techn Reg Anesth Pain Management* 16. 140 (2012)
- 114 Faryniarz D, Morelli C, Coleman S, Holmes T, Allen A, Altchek D, Cordasco F, Warren RF, Urban MK, Gordon MA: Interscalene block anesthesia at an ambulatory surgery center performing predominantly regional anesthesia: a prospective study of one hundred thirty-three patients undergoing shoulder surgery. *J Shoulder Elbow Surg.* 15(6). 686-90 (2006)
- 115 Dingemans E, Williams SR, Arcand G, Chouinard P, Harris P, Ruel M, Girard F: Neurostimulation in ultrasound-guided infraclavicular block: a prospective randomized trial. *Anesth Analg.* 104. 1275 (2007)
- 116 Gürkan Y, Tekin M, Acar S, Solak M, Toker K: Is nerve stimulation needed during an ultrasound-guided lateral sagittal infraclavicular block? *Acta Anaesth Scand.* 54. 403 (2010)

## Abbildungsverzeichnis

	Titel	Seite
Abb. 1:	Ablaufschema gemäß Studienprotokoll	8
Abb. 2:	Basis-Set "Safety"	10
Abb. 3:	Punktion nach Winnie mit Modifikation nach Meyer	11
Abb. 4:	Landmarken	12
Abb. 5:	Nervenstimulator mit Stimulationskanüle	12
Abb. 6:	Ergonomisches Setting für die Punktion	13
Abb. 7:	Darstellung der interskalenären Nervenbündels (nativ)	15
Abb. 8:	Darstellung der interskalenären Nervenbündels (erklärt)	15
Abb. 9:	"beavel up position" und Hydrodissektionsmethode (nativ)	16
Abb. 10:	"beavel up position" und Hydrodissektionsmethode (erklärt)	16
Abb. 11:	"donut sign" nativ	17
Abb. 12:	"donut sign" (erklärt)	17
Abb. 13:	Darstellung der Lernkurve von Untersucher 1	27
Abb. 14:	Darstellung der Lernkurve von Untersucher 2	28
Abb. 15:	Darstellung der Prozedurzeiten	29
Abb. 16:	Subjektive Punktionseinschätzung durch Patienten nach VRS	35
Abb. 17:	Subjektive Einschätzung des Wohlbefindens durch Patienten nach VRS	36

## Tabellenverzeichnis

	Titel	Seite
Tab. 1:	Messzeitpunkte und dokumentierte Parameter zur Blockadequalität und Schmerzempfinden	19
Tab. 2:	Schweregrad einer motorischen Lähmung	21
Tab. 3:	Demographische Daten	24
Tab. 4:	Begleiterkrankungen	25
Tab. 5:	Verteilung der Operationen	26
Tab. 6:	Prozedurzeiten	28
Tab. 7:	Vergleich der Prozedurzeiten	29
Tab. 8:	Motorische Blockade der einzelnen überprüften Segmente	31
Tab. 9:	Sensible Blockade der einzelnen überprüften Segmente	32
Tab. 10:	Sympathische Blockade	33
Tab. 11:	Auslösbarkeit der Nervenstimulation	33
Tab. 12:	Reizantwort	33
Tab. 13:	Schmerzempfinden (NRS)	34
Tab. 14:	Blockadedauer	36
Tab. 15:	Analgetikabedarf	37
Tab.16:	Hämodynamik	38
Tab. 17:	Nebenwirkungen und Komplikationen	38



## Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Frau PD Dr. med. Christine Schneemilch, für die freundliche Überlassung des interessanten Dissertationsthemas, für die fördernde Unterstützung und Betreuung.

In besonderem Maße gilt mein Dank Frau Dr. med. Doreen Wiedemann für die Betreuung der Studie, den regen Gedankenaustausch sowie die zahlreichen Anregungen.

Herrn Prof. Dr. med. Dr. Thomas Hachenberg und Herrn PD Dr. med. Uwe Ebmeyer danke ich für die engagierte und hilfreiche Unterstützung, Beratung und Hilfe bei der Organisation.

Herrn Dr. med. D. Brammen gilt mein Dank für die Zusammenstellung der Daten aus dem Programm Narkodata.

Ausdrücklich bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Christoph. H. Lohmann, ohne dessen Zustimmung die Untersuchungen in seiner Klinik nicht möglich gewesen wären.

Den Operateuren danke ich für die fachliche Unterstützung bei orthopädischen Sachverhalten.

Ebenso gilt mein Dank allen Mitarbeitern des operativen Bereiches und der stationären Versorgung der Orthopädie. Sowie den Mitarbeitern der Klinik für Anaesthesiologie und Intensivtherapie, die entscheidend zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Hier danke ich vor allem Frau Dr. med. Evelyn Staroske für die exzellente Einarbeitung in die Techniken der Regionalanästhesie.

Prof. Dr. rer. nat. Siegfried Kropf gilt mein Dank für die statistische Auswertung der Daten und Frau Iryna Rodynska für die Aufarbeitung der Grafiken.

Weiterhin gilt mein Dank meiner Familie, die mich begleitet und tatkräftig unterstützt hat.

## Erklärung

Ich erkläre, dass ich die an der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel:

"Die ultraschallgestützte interskalenäre Blockade des Plexus brachiales für operative Interventionen an der Schulter. Ein prospektiver randomisierter Vergleich von erfahrenen Anwendern der Nervenstimulation mit ungeübten Anwendern der ultraschallgestützten Punktion."

an der Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mit der Unterstützung durch

Herrn Prof. Dr. med. Dr. Thomas Hachenberg

Frau PD Dr. med. Christine Schneemilch

und Frau Dr. med. Doreen Wiedemann

ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe die Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht.

Ich übertrage der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Magdeburg, den 14. 01. 2013

Unterschrift

---

Stephan Ebers

## Interessenkonflikt

Ich erkläre, dass zur Dissertation eingereichte Untersuchung mit dem Titel

**Die ultraschallgestützte interskalenäre Blockade des Plexus  
brachiales für operative Interventionen an der Schulter. Ein  
prospektiver randomisierter Vergleich von erfahrenen Anwendern  
der Nervenstimulation mit ungeübten Anwendern der  
ultraschallgestützten Punktion.**

kein Interessenkonflikt besteht.

Magdeburg, den 14.01. 2013

Unterschrift

---

Stephan Ebers

## Lebenslauf

### PERSÖNLICHE DATEN

Name:	Stephan Ebers
Geburtsdatum/-ort:	13. 01. 1980, Lutherstadt-Wittenberg
Anschrift:	Junoweg 15, 39118 Magdeburg
Familienstand:	ledig
Staatsangehörigkeit:	deutsch

### SCHULAUSBILDUNG

09/1986 - 08/1996	Realschule „Albert Schweitzer“ in Aschersleben
09/1996 - 06/1999	Fachgymnasium der berufsbildenden Schulen in Aschersleben (Fachrichtung Betriebs- und Volkswirtschaftslehre sowie industrielles Rechnungswesen)

### GRUNDWEHRDIENST

07/1999 - 04/2000	Bundeswehr: Panzerbrigade 21, Panzergrenadierbataillon 212, Augustdorf
-------------------	---

## HOCHSCHULAUSBILDUNG

- 10/2000 - 09/2003      Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Fakultät der Justus-Liebig-Universität in Gießen
- 10/2003 - 11/2006      Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg
- Approbation: 24.11.2006

## BERUFLAUFBAHN

- 12/ 2006 - 08/ 2007      Assistenzarzt für Innere Medizin/ Kardiologie im Klinikum Dorothea Christiane von Erxleben in Quedlinburg
- 09/ 2007 - 09/ 2010      Assistenzarzt für Herz- und Thoraxchirurgie am Universitätsklinikum der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Zentrum für Chirurgie, Klinik für Herz- und Thoraxchirurgie
- seit 10/ 2010              Assistenzarzt für Anästhesiologie und Intensivtherapie am Universitätsklinikum der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Klinik für Anästhesiologie und Intensivtherapie

Magdeburg, den 14. Januar 2013

---

Stephan Ebers

## Publikationen

Die vorliegende Arbeit wurde wie folgt publiziert:

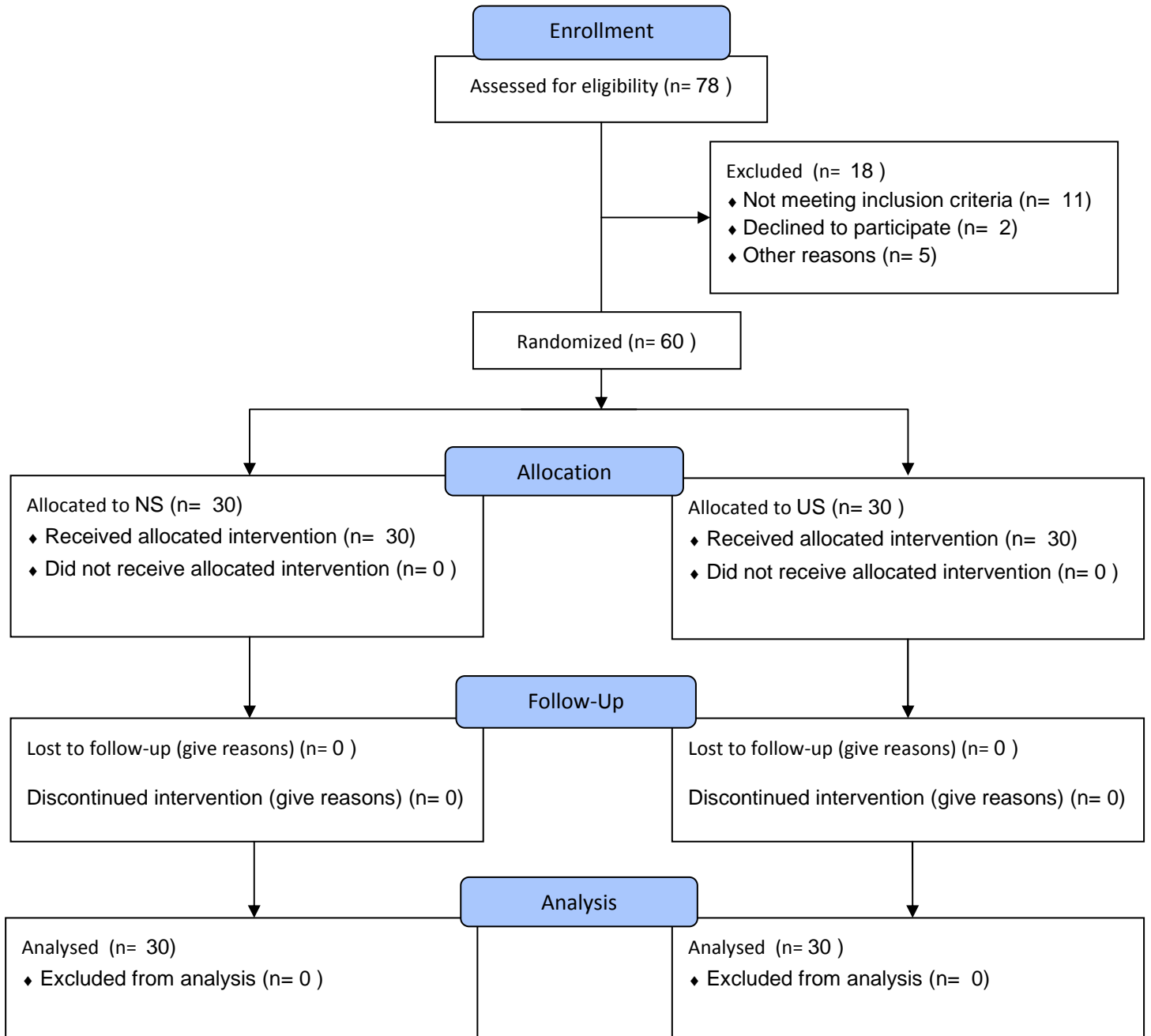
- DAC 2012, Leipzig, Nummer PO 2.5.5:  
Ebers S., Wiedemann D., Ebmeyer U., Schneemilch Ch., Kropf S., Hachenberg T.

**Vergleich von erfahrenen Anwendern der Nervenstimulation und ungeübten Anwendern der ultraschallgestützten Punktion bei der interskalenären Plexusblockade für Operation an der Schulter. Eine prospektiv randomisierte, kontrollierte, verblindete Studie.**

- Die Ergebnisse der Arbeit werden zur Publikation in der Zeitschrift Der Anaesthesist eingereicht.

## Anhang

### Flow Diagram



Quelle: **CONSORT Guidelines 2010**



## Patientenaufklärung



### **Die ultraschallgestützte interskalenäre Blockade des Plexus brachiales für operative Interventionen an der Schulter. Ein prospektiver randomisierter Vergleich von erfahrenen Anwendern der Nervenstimulation mit ungeübten Anwendern der ultraschallgestützten Punktion.**

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Bei Ihnen soll eine Operation an der Schulter durchgeführt werden. Die postoperativen Schmerzen werden üblicherweise durch eine Blockade des Halsnervenstranges, die vor Einleitung der Allgemeinanästhesie durchgeführt wird, wirksam unterdrückt.

Das Aufsuchen des Halsnervenstranges erfolgt üblicherweise durch eine Elektrostimulationsnadel, bei der durch gezielte Stromreize des Nerven, Bewegungen des Unterarmes erreicht werden. Durch die Reizantwort kann der Anästhesist anhand seiner anatomischen Kenntnisse und Erfahrungen vermuten in welchem Bereich sich die Nadelspitze befindet.

Seit kurzem wird ein Ultraschallgerät genutzt, um in den Hals hineinzuschauen und anatomische Veränderungen festzustellen. Im Anschluss erfolgt die ultraschallgestützte Punktion unter Nervenstimulation. Ziel dieser Methode ist es Komplikationen zu vermindern, Zeit einzusparen und Ihre Sicherheit und den Komfort zu erhöhen. Es ergeben sich mit der Anwendung eines Ultraschallgerätes keine zusätzlichen Komplikationen.

In einer randomisierten Untersuchung soll geprüft werden, ob Vorteile durch die Beurteilung mittels Ultraschall nachweisbar sind.

Die Auswertung Ihrer Daten erfolgt streng anonym und hat keinerlei Auswirkungen auf Ihre individuelle medizinische Behandlung.

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit und gute Besserung!**





## Einwilligungserklärungen



### **Die ultraschallgestützte interskalenäre Blockade des Plexus brachiales für operative Interventionen an der Schulter. Ein prospektiver randomisierter Vergleich von erfahrenen Anwendern der Nervenstimulation mit ungeübten Anwendern der ultraschallgestützten Punktion.**

#### **Einwilligung für die Studie**

Ich willige ein, dass zum Aufsuchen des Halsnervenstranges, entweder eine ultraschallgestützte Punktion mit Nervenstimulation, oder das alleinige Nervenstimulationsverfahren bei mir angewendet wird. Es werden nur gebräuchliche Verfahren eingesetzt und keine neuen Arzneimittel verwendet. Zusätzlich wird eine Befragung zur Befindlichkeit und Qualität der Schmerzausschaltung durchgeführt.

Mir ist bekannt, dass ich diese Einwilligung jederzeit widerrufen kann und mir durch eine Verweigerung keinerlei Nachteile entstehen.

-----  
Ort, Datum

Patient

Arzt

#### **Einwilligung für das Video- und Bildmaterial**

Für die Weiterentwicklung der Heilbehandlungsmethoden in der Medizin, ist die Aufbereitung von Krankheitsbildern und Behandlungsmethoden unabdingbar.

Deshalb erkläre ich mich ausdrücklich damit einverstanden, dass das gesamte im Rahmen der Behandlung angefertigte Bildmaterial – auch bei Erkennbarkeit meiner Person – zu wissenschaftlichen Zwecken sowie Ausbildungszwecken in Verlagen veröffentlicht werden kann. Dies umfasst die Veröffentlichung in (Fach-)Zeitschriften, Lehrbüchern, wissenschaftlichen Publikationen, digitalen Medien (beispielsweise Lehrfilmen, CD-Rom, DVD, Electronic Paper, Datenbanken, Internet) etc. sowie gegebenenfalls im Rahmen der Covergestaltung oder zur Werbung für derartige Publikationen.

Das Bildmaterial kann dabei mit Angaben über das Krankheitsbild sowie über die Behandlungsmethoden etc. verbunden werden. Persönliche Daten bleiben anonym.

-----  
Ort, Datum

Patient

Arzt



## Checkliste für den Aufnahmetag

Patientenaufkleber

Datum: \_\_\_\_\_ Uhrzeit: \_\_\_\_\_

Einschluss:    JA    Nein

Ausschluss:    JA    Nein

### 1) Seit wann haben Sie Schmerzen?

Über 1 Jahr	Über 1/2 Jahr	seit ____ Mon.	seit ____ Wo.	seit ____ Tagen
-------------	---------------	----------------	---------------	-----------------

### 2) Wie stark sind Ihre Schmerzen aktuell?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

(0 = kein Schmerz, 10 = stärkster vorstellbarer Schmerz)

### 3) Wie ist Ihr aktuelles Befinden?

unerträglich	sehr unangenehm	unangenehm	angenehm	sehr angenehm	sehr erträglich
--------------	-----------------	------------	----------	---------------	-----------------

### 4) Nehmen Sie regelmäßig Schmerzmittel?

Wenn Ja:    Welche + Dosierung \_\_\_\_\_

seit wann: \_\_\_\_\_



## Checkliste für die Punktion und die Operation

Nervenstimulation

☐

Ultraschall

☐

Patientenaufkleber

Datum: \_\_\_\_\_

1) Einverständnis **ok**: \_\_\_\_\_, Aufklärung Anästhesie **ok**: \_\_\_\_\_, Aufklärung OP **ok**: \_\_\_\_\_ Foto **ok** \_\_\_\_\_

2) Wann wurde die Prämedikation gegeben?: \_\_\_\_\_ Uhr

3) Schallgerät: \_\_\_\_\_

4) Anaesthesist/- in: \_\_\_\_\_

5) Zeit von aufsetzen Schallkopf bis Plexus auffinden: \_\_\_\_\_ min.

bis korrekte Nervenstimulation: \_\_\_\_\_ min

bis Nadel entfernen: \_\_\_\_\_ min.

6) letzte Schmerzmittel auf der Normalstation: \_\_\_\_\_

7) Schmerzstärke? (NRS)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
direkt nach Pkt.											
nach 5 min.											
nach 10 min.											
nach 15 min.											
nach OP-Ende											

(0 = kein Schmerz, 10 = stärkster vorstellbarer Schmerz)

8) Zustandsbeschreibung für die Punktion?

unerträglich	sehr unangenehm	unangenehm	angenehm	sehr angenehm	sehr erträglich
--------------	-----------------	------------	----------	---------------	-----------------

9) Wie ist die Blockadequalität **motorisch**?

	keine	C5	C6	C7	C8	Komplikation
direkt nach Pkt.						
nach 5 min.						
nach 10 min.						
nach 15 min.						
(nach OP-Ende)						

10) Wie ist die Blockadequalität **sensorisch**?

	keine	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Th1	Th2	Komplikation
direkt nach Pkt.										
nach 5 min.										
nach 10 min.										
nach 15 min.										
(nach OP-Ende)										

11) Wie ist die **sympathische** Blockade?

	keine	teilweise (wie)	voll	Komplikation	Freitext
direkt nach Pkt.					
nach 5 min.					
nach 10 min.					
nach 15 min.					
(nach OP-Ende)					

**NARKOSEPROTOKOLL 2 x DRUCKEN!**



### Schmerzkalender für den Operationstag

Liebe Patientin, lieber Patient!

Füllen Sie diesen Bogen bitte am Operationstag aus!

Patientenaufkleber

#### 1) Wie stark waren die ersten Schmerzen nach der OP?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

(0 = kein Schmerz, 10 = stärkster vorstellbarer Schmerz)

#### 2) Wo traten die ersten Schmerzen nach der OP auf?

im OP ☐

im Wachzimmer ☐

auf der Normalstation ☐

#### 3) Wie lange hat die Nervenblockade gewirkt?

Bitte die Uhrzeit eintragen! bis \_\_\_\_\_ Uhr

**Schmerztagebuch für den 1. Tag nach der OP**

Liebe Patientin, lieber Patient!

Patientenaufkleber

Füllen Sie diesen Bogen bitte **am Tag nach der OP** aus!

**1) Wie stark sind Ihre Schmerzen aktuell?**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

(0 = kein Schmerz, 10 = stärkster vorstellbarer Schmerz)

**2) Wie ist Ihr aktuelles Befinden.**

unerträglich	sehr unangenehm	unangenehm	angenehm	sehr angenehm	sehr erträglich
--------------	-----------------	------------	----------	---------------	-----------------

**3) Wie stark empfanden Sie die Schmerzen bei der Punktion am Hals im Nachhinein?**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

(0 = kein Schmerz, 10 = stärkster vorstellbarer Schmerz)

**4) Wie war Ihr Befinden während der Punktion am Hals im Nachhinein?**

unerträglich	sehr unangenehm	unangenehm	angenehm	sehr angenehm	sehr erträglich
--------------	-----------------	------------	----------	---------------	-----------------

**5) Würden Sie eine solche Punktion erneut durchführen lassen?**

Ja ☐

Nein ☐

**6) Wie hoch waren die stärksten Schmerzen nach der OP?**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

(0 = kein Schmerz, 10 = stärkster vorstellbarer Schmerz)

7) Was können wir besser machen? Gibt es Ihrerseits Anregungen oder Kritik?

---

---

**Wir bedanken uns für Ihre Mitarbeit und wünschen Ihnen eine baldige Genesung!**

Vom visitierenden Arzt auszufüllen

Welche Schmerzmittel wurden postoperativ gegeben, Zeit, Dosis, Applikationsart?

am OP-Tag: 

---

---

am 1. Tag nach OP: 

---

---